

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Tödliche Straßenverkehrsunfälle unter Beteiligung von
Radfahrern in Berlin – Eine retrospektive Obduktionsstudie
der Jahre 2011 bis 2016 unter besonderer Berücksichtigung
der Unfalltypen und sog. Abbiegeunfälle

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Livia Müller

aus Cottbus

Datum der Promotion: 4. Juni 2021

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XII
Gendererklärung	XIV
Zusammenfassung	XV
Abstract	XVII
1 Einleitung	1
1.1 Verkehrsunfälle in Berlin	1
1.2 Fahrradunfälle	3
1.3 Unfallaufnahme und -bearbeitung	7
1.4 Zielsetzung der Arbeit	8
2 Material und Methoden	9
2.1 Untersuchungsmaterial	9
2.2 Auswertungsmethode	13
3 Ergebnisse	14
3.1 Verunglückte Fahrradfahrer	14
3.1.1 Diskrepanzen zur Polizeistatistik	14
3.1.2 Alter und Geschlecht	16
3.1.3 Zeitliche Verteilung der Unfälle	17
3.1.3.1 Unfallmonat	17
3.1.3.2 Unfalljahreszeit	18
3.1.3.3 Unfallwochentag	19
3.1.3.4 Unfallzeitpunkt	20
3.1.4 Überlebensdauer	22
3.1.5 Sterbeort	23

3.1.6	Unfalldaten.....	24
3.1.6.1	Unfallhergang / Kontaktart.....	24
3.1.6.2	Unfalltypen	25
3.1.6.2.1	Einstellige Unfalltypen.....	25
3.1.6.2.2	Erweiterte dreistellige Unfalltypen	27
3.1.6.3	Unfallbeteiligte.....	31
3.1.6.3.1	Fremd- und Alleinunfall	31
3.1.6.3.2	Unfallgegner.....	31
3.1.6.4	Korrelation der Unfalltypen und Unfallgegner.....	32
3.1.6.4.1	Unfalltypen der Unfälle mit Pkws.....	32
3.1.6.4.2	Unfalltypen der Unfälle mit Lkws	33
3.1.6.4.3	Unfalltypen der Unfälle mit sonstigen Unfallgegnern.....	34
3.1.6.5	Korrelation der Anprallseite und Unfallgegner	35
3.1.6.5.1	Die Anprallseite bei Unfällen mit Pkws	35
3.1.6.5.2	Die Anprallseite bei Unfällen mit Lkws	35
3.1.6.5.3	Die Anprallseite bei Unfällen mit sonstigen Unfallgegnern.....	35
3.1.6.6	Art des Fahrrades.....	36
3.1.6.7	Technische Sicherheit	37
3.1.6.7.1	Fahrradbeleuchtung.....	37
3.1.6.7.2	Bremsvorrichtung des Fahrrades	37
3.1.6.7.3	Weitere Angaben zu Radfahrern.....	37
3.1.6.8	Beeinträchtigungen bei den Unfallgegnern.....	38
3.1.6.9	Helmtrageverhalten	39
3.1.6.10	Lichtverhältnisse und meteorologische Bedingungen.....	39
3.1.6.11	Kleidung.....	41
3.1.7	Rechtsmedizinische Erkenntnisse	41
3.1.7.1	Obduktionsergebnisse.....	41

3.1.7.1.1	Todesursachen	41
3.1.7.1.2	Todesursachen bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung	43
3.1.7.1.3	Todesursachen bei Unfällen mit Lkw-Beteiligung.....	44
3.1.7.1.4	Todesursachen bei Unfällen mit sonstigen Verkehrsteilnehmern/Unfallgegnern	45
3.1.7.2	Ergänzende Verfahren	46
3.1.7.2.1	Computertomographie.....	46
3.1.7.2.2	Chemisch-toxikologische Ergebnisse.....	47
3.1.7.2.3	Histologie	50
3.2	Abbiegeunfälle.....	52
3.2.1	Unfallgegner bei Abbiegeunfällen	52
3.2.2	Abbiegerichtung der Unfallgegner.....	53
3.2.3	Todesursachen und Überrollung bei Abbiegeunfällen	54
3.2.3.1	Lkw	54
3.2.3.2	Pkw.....	55
3.2.3.3	Sonstige	56
3.2.4	Erweiterte Unfalltypen bei Abbiegeunfällen.....	56
3.2.4.1	Lkw	56
3.2.4.2	Pkw.....	57
3.2.4.3	Sonstige	58
3.3	Verletzungsmuster	58
3.3.1	Verletzungsmuster nach Unfallgegnern	58
3.3.1.1	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Pkw	58
3.3.1.2	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Lkw, Bus und Radlader	60
3.3.1.3	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Straßenbahnen	61
3.3.1.4	Verletzungsmuster bei Unfällen mit anderen Fahrradfahrern	62
3.3.2	Verletzungsmuster nach Unfallphasen	63

3.3.2.1	Verletzungsmuster bei Unfällen mit reinen Stürzen.....	63
3.3.2.2	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Anprall.....	64
3.3.2.2.1	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Anprall: Verletzungen des Anpralls	64
3.3.2.2.2	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Anprall: Verletzungen des Sturzes	65
3.3.2.3	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Überrollung	66
3.3.2.3.1	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Überrollung: Verletzungen des Sturzes	66
3.3.2.3.2	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Überrollung: Verletzungen der Überrollung.....	67
3.3.3	Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen.....	68
3.3.3.1	Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw.....	68
3.3.3.1.1	Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw: linksabbiegende Pkw	69
3.3.3.1.2	Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw: linksabbiegende Fahrradfahrer	71
3.3.3.2	Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Lkw	72
3.3.4	Verletzungsmuster in Abhängigkeit vom Helmtrageverhalten.....	73
3.3.4.1	Todesursache abhängig vom Helmtrageverhalten	73
3.3.4.2	Verletzungsmuster in Abhängigkeit vom Helmtrageverhalten	74
3.3.4.2.1	Verletzungsmuster bei Unfällen mit Helm	74
3.3.4.2.2	Verletzungsmuster bei Unfällen ohne Helm	75
3.3.5	Verletzungsmuster bei speziellen Fällen.....	77
3.3.6	Tabellen der Verletzungsmuster	78
4	Diskussion	97
4.1	Kritik der Untersuchungsmethode	97
4.1.1	Untersuchungsmaterial	97

4.1.2	Auswertungsmethode	99
4.2	Diskussion der Ergebnisse	100
4.2.1	Verunglückte Fahrradfahrer	100
4.2.1.1	Diskrepanzen zur Polizeistatistik	100
4.2.1.2	Alter und Geschlecht	101
4.2.1.3	Zeitliche Verteilung der Unfälle.....	103
4.2.1.4	Überlebensdauer.....	106
4.2.1.5	Sterbeort.....	106
4.2.1.6	Unfalldaten	107
4.2.1.6.1	Unfallhergang/Kontaktart.....	107
4.2.1.6.2	Unfalltypen	107
4.2.1.6.2.1	Einstellige Unfalltypen	107
4.2.1.6.2.2	Erweiterte dreistellige Unfalltypen	108
4.2.1.6.3	Unfallbeteiligte.....	109
4.2.1.6.4	Korrelation der Anprallseite und Unfallgegner.....	109
4.2.1.6.5	Art des Fahrrades	110
4.2.1.6.6	Technische Sicherheit und Beeinträchtigungen	111
4.2.1.6.7	Helmtrageverhalten.....	112
4.2.1.6.8	Lichtverhältnisse und meteorologische Bedingungen	113
4.2.1.6.9	Kleidung	113
4.2.1.7	Rechtsmedizinische Erkenntnisse.....	114
4.2.1.7.1	Obduktionsergebnisse.....	114
4.2.1.7.1.1	Todesursachen.....	114
4.2.1.7.1.2	Todesursachen nach Unfallgegnern.....	115
4.2.1.7.2	Ergänzende Verfahren	116
4.2.1.7.2.1	Computertomographie.....	116
4.2.1.7.2.2	Chemisch-toxikologische Ergebnisse	117

4.2.1.7.2.3	Histologie.....	119
4.2.2	Abbiegeunfälle	119
4.2.3	Verletzungsmuster	122
4.2.3.1	Verletzungsmuster nach Unfallgegnern.....	122
4.2.3.2	Verletzungsmuster nach Unfallphasen	124
4.2.3.3	Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen	125
4.2.3.4	Verletzungsmuster in Abhängigkeit vom Helmtrageverhalten	125
4.3	Möglichkeiten der Verbesserung der Verkehrssicherheit	126
4.3.1	Eigenschutzmaßnahmen seitens der Radfahrer	126
4.3.2	Maßnahmen seitens der Unfallgegner	128
4.3.3	Infrastrukturelle Maßnahmen	131
4.3.4	Politische Maßnahmen.....	133
4.3.5	StVO – Novelle 2020	135
4.4	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	136
5	Literaturverzeichnis	XIX
6	Eidesstattliche Versicherung	XXIV
7	Lebenslauf.....	XXVI
8	Danksagung	XXVI

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einstellige Unfalltypen im Überblick.....	10
Tabelle 2: In der Arbeit vertretene dreistellige Unfalltypen	11
Tabelle 3: Verteilung der dreistelligen Unfalltypen.....	29
Tabelle 4: Verteilung der Unfallgegner	32
Tabelle 5: Substanzen/Wirkstoffe, die zum Unfallzeitpunkt einen Einfluss auf das Reaktionsvermögen gehabt haben könnten	48
Tabelle 6: Sonstige Fälle mit möglichem Einfluss auf den Unfallher- und -ausgang	50
Tabelle 7: Ergebnisse der histologischen Untersuchungen	51
Tabelle 8: Dreistellige Unfalltypen der Rechtsabbiegeunfälle	57
Tabelle 9: Dreistellige Unfalltypen der Linksabbiegeunfälle.....	57
Tabelle 10: Todesursachen nach Helmtrageverhalten	73
Tabelle 11: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Pkw-Beteiligung (n = 28)	78
Tabelle 12: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Lkw-, Bus- und Radlader-Beteiligung (n = 34).....	79
Tabelle 13: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Straßenbahn-Beteiligung (n = 5)	80
Tabelle 14: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit anderen Fahrradfahrern (n = 4)	81
Tabelle 15: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit reinen Stürzen (n = 12)	82
Tabelle 16: Verletzungsmuster infolge des Anpralls bei „Anprall-Sturz-Verletzungen“ bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 26)	83
Tabelle 17: Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei „Anprall-Sturz-Verletzungen“ bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 26)	84
Tabelle 18: Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei Überrollungen bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 23)	85
Tabelle 19: Verletzungsmuster infolge der Unfallphase der Überrollung bei tödlichen Fahrradunfällen mit Überrollung (n = 23).....	86
Tabelle 20: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 10)	87

Tabelle 21: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit linksabbiegenden Pkws bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 7).....	88
Tabelle 22: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit linksabbiegenden Fahrradfahrern bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 3)	89
Tabelle 23: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 23)	90
Tabelle 24: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Helm (n = 9).....	91
Tabelle 25: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen ohne Helm (n = 23) ..	92
Tabelle 26: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Fußgängern (n = 1)	93
Tabelle 27: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit einem Kite-Skateboarder (n = 1).....	94
Tabelle 28: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradalleinunfällen (n = 2)	95
Tabelle 29: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit unklarem Unfallgegner (n = 1).....	96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Straßenverkehrsunfälle.....	1
Abbildung 2: Verunglückte Straßenverkehrsteilnehmer.....	2
Abbildung 3: Tödlich verunglückte Verkehrsteilnehmer	2
Abbildung 4: Unfallbeteiligte nach Art der Verkehrsbeteiligung in Berlin 2016	4
Abbildung 5: Übersicht getöteter Personen nach Verkehrsbeteiligung in Berlin 2016	4
Abbildung 6: Unfälle mit Radfahrerbeteiligung in Berlin.....	5
Abbildung 7: Tödlich verunglückte Radfahrer in Berlin	5
Abbildung 8: Vergleich der Anzahl tödlich verunglückter Radfahrer in verschiedenen Städten	6
Abbildung 9: Unfallaufnahme mit als „Tatort“ gesichertem Bereich und Bodenmarkierungen	8
Abbildung 10: Alters- und Geschlechtsverteilung tödlich verunglückter Radfahrer...	16
Abbildung 11: Monatsverteilung tödlicher Fahrradunfälle	17
Abbildung 12: Jahreszeitenverteilung tödlicher Fahrradunfälle	18
Abbildung 13: Wochentagsverteilung tödlicher Fahrradunfälle	19
Abbildung 14: Tageszeitliche Verteilung tödlicher Fahrradunfälle	20
Abbildung 15: Tageszeitliche Verteilung tödlicher Fahrradunfälle im Altersvergleich	21
Abbildung 16: Zeit zwischen Unfallzeitpunkt und Versterben des Radfahrers.....	22
Abbildung 17: Sterbeort.....	23
Abbildung 18: Kontaktart der Unfallgegner	24
Abbildung 19: Verteilung der einstelligen Unfalltypen	26
Abbildung 20: Abbiegetypen 243-AB und 224-AB	27
Abbildung 21: Fremdbeteiligung oder Alleinunfall.....	31
Abbildung 22: Verteilung der Fahrradtypen	36
Abbildung 23: Sichtbeeinträchtigung durch Minion®-Kuscheltiere auf dem Armaturenbrett eines Lkws	38
Abbildung 24: Angaben zu Helmtrageverhalten	39
Abbildung 25: Angaben zu Lichtverhältnissen	40
Abbildung 26: Angaben zu Bodenbedingungen.....	40
Abbildung 27: Todesursachen tödlicher Fahrradunfälle.....	42

Abbildung 28: Dominante Traumata innerhalb der Gruppe der Polytraumata tödlicher Fahrradunfälle	43
Abbildung 29:Todesursachen bei Pkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle	43
Abbildung 30: Todesursachen bei Lkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle.....	44
Abbildung 31: Zur Obduktion ergänzende Befunde durch die Computertomographie	47
Abbildung 32: Unfallgegner bei Abbiegeunfällen tödlicher Fahrradunfälle	52
Abbildung 33:Todesursachen bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle	54
Abbildung 34: Todesursache bei Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle	55
Abbildung 35: Unfalltyp „243-AB“	56
Abbildung 36: Unfalltyp „224-AB "	57
Abbildung 37: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Pkw-Beteiligung (n = 28).....	58
Abbildung 38: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Lkw-, Bus- und Radlader-Beteiligung (n = 34).....	60
Abbildung 39: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Straßenbahn-Beteiligung (n = 5)	61
Abbildung 40: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit anderen Fahrradfahrern (n = 4)	62
Abbildung 41: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit reinen Stürzen (n = 12).....	63
Abbildung 42: Verletzungsmuster des Anpralls bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 26)	64
Abbildung 43:Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei „Anprall-Sturz-Verletzungen“ bei tödlichen (n = 26).....	65
Abbildung 44: Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei Überrollungen bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 23).....	66
Abbildung 45: Verletzungsmuster infolge der Unfallphase der Überrollung bei tödlichen Fahrradunfällen mit Überrollung (n = 23).....	67
Abbildung 46: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 10)	68

Abbildung 47: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit linksabbiegenden Pkws bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 7).....	69
Abbildung 48: 2 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 23).....	72
Abbildung 49: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Helm (n = 9) ...	74
Abbildung 50: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen ohne Helm (n = 23)	75
Abbildung 51: Müllabfuhrfahrzeug mit vergrößertem Sichtfeld	129
Abbildung 52: Radfahrerfurt links der Rechtsabbiegerspur	132
Abbildung 53: Vorverlagerte Haltelinie für Radfahrer an einer Berliner Kreuzung ...	133
Abbildung 54: Grüner Fahrradweg in Berlin, der im Kreuzungsbereich rot wird, um auf ein erhöhtes Gefahrenpotenzial hinzuweisen	134
Abbildung 55: Verkehrszeichen „Überholverbot für einspurige oder mehrspurige Fahrzeuge“	135

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
µg	Mikrogramm
Abb.	Abbildung
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
AIS	Abbreviated Injury Scale
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMI	Body-Mass-Index
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
bspw.	beispielsweise
BWS	Brustwirbelsäule
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cCT	craniale Computertomographie
CT	Computertomographie
d.h.	das heißt
EEG	Elektroenzephalographie
etc.	et cetera
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
GIDAS	German In-Depth Accident Study
h	Stunde(n)
i.d.R.	in der Regel
ISS	Injury Severity Score
HWS	Halswirbelsäule
Kfz	Kraftfahrzeug
kg	Kilogramm
km/h	Kilometer pro Stunde
LKA	Landeskriminalamt
Lkw	Lastkraftwagen
LWS	Lendenwirbelsäule
MAIS	Maximum Abbreviated Injury Scale
MDMA	3,4-Methylenedioxy-N-methylamphetamin – Ecstasy-Wirkstoff

min	Minute(n)
Mio.	Million(en)
ml	Milliliter
n	Anzahl
ng	Nanogramm
OE	obere Extremität(en)
Pkw	Personenkraftwagen
pmMSCT	postmortem multislice computed tomography
RTW	Rettungstransportwagen
S.	Seite
SHT	Schädelhirntrauma
sog.	sogenannt
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
Tab.	Tabelle
THC	Δ 9-Tetrahydrocannabinol
THC-COOH	THC-Carbonsäure
u.a.	unter anderem
UE	untere Extremität(en)
v.a.	vor allem

Gendererklärung

In der vorliegenden Promotionsarbeit wird aus Gründen der leichteren Lesbarkeit im Plural die männliche Form gewählt und bezieht sich dabei immer zugleich auf weibliche und männliche Personen. Dies soll keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts implizieren, sondern lediglich als eine geschlechtsneutrale Vereinfachung im Sinne der besseren Lesbarkeit zu verstehen sein. Im Singular wird explizit das biologische Geschlecht erwähnt.

Zusammenfassung

Radfahrer machen als ungeschützte Verkehrsteilnehmer rund ein Drittel aller getöteten Verkehrsteilnehmer aus, obwohl sie nur an etwa 4 % der Unfälle beteiligt sind. Ziel dieser Arbeit war es, im Kontext der im Herbst 2011 erfolgten Neuausrichtung der Verkehrsunfallaufnahme bei schweren Personenschäden in Berlin, tödlich verlaufene Fahrradunfälle bezüglich ihrer Unfallszenarien zu analysieren, um mit Hilfe von Verletzungsmustern und rekonstruierten Unfallabläufen Grundlagen für zukünftige Präventionsmaßnahmen zu schaffen.

Hierfür wurden alle tödlich verlaufenen Fahrradunfälle im Berliner Stadtgebiet aus den Sektionsarchiven des Instituts für Rechtsmedizin der Charité und des Landesinstitutes für gerichtliche und soziale Medizin Berlin aus den Jahren 2011 bis 2016 zusammengetragen und mit den in der Berliner Polizeistatistik erfassten Fällen abgeglichen. Im Studienzeitraum wurden insgesamt 76 Fälle erfasst, welche sowohl aus rechtsmedizinischer als auch aus technischer bzw. unfallgutachterlicher Sicht analysiert wurden. Hierbei erfolgte eine Unterteilung der einzelnen Körperregionen in innere Organe, Skelett und Weichteilmantel, um ein umfassendes Bild der Verletzungen zu erzielen.

Es waren doppelt so viele Männer ($n = 50$) wie Frauen ($n = 26$) betroffen. Meist handelte es sich um ältere Radfahrer in ihrer 7. und 8. Lebensdekade. Am häufigsten fanden Unfälle während der gewöhnlichen Arbeitszeiten zwischen 8 und 16 Uhr bei Tageslicht und trockenem Bodenzustand statt. Knapp zwei Drittel der Betroffenen ($n = 49$) verstarben bereits innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Unfall. Todesursache war in über der Hälfte der Fälle ($n = 40$) ein Polytrauma. Zweithäufigste Todesursache war mit etwa 40 % ($n = 29$) das isolierte Schädelhirntrauma. Am häufigsten handelte es sich bei den Unfallgegnern um Lkws ($n = 31$; 40,8 %), gefolgt von Pkws ($n = 28$; 36,8 %). Während bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung Kopfverletzungen überwogen, kam es bei Unfällen mit Beteiligung schwerer Kraftfahrzeuge (wie Lkws und Bussen) v.a. zu Verletzungen des Thorax und zu Décollements.

Überrollungen fanden in der großen Mehrzahl im Rahmen des als typisch anzusehenden Rechtsabbiegeunfalls mit Lkw-Beteiligung statt.

Wurde ein Helm getragen, dominierten Verletzungen des Thorax, der Brustwirbelsäule, des Gehirns und des Weichteilmantels. Daran zeigt sich die Schwere

der Unfälle auch der mit Helm tödlich verunglückten Fahrradfahrer. Ohne Helm dominierten Kopfverletzungen.

Präventionsmaßnahmen, die sich aus den Ergebnissen ableiten, sind vor allem bei den Unfallgegnern und im infrastrukturellem Bereich zu suchen, da Helme zwar für einen gewissen Schutz des Kopfes sorgen, jedoch gerade bei schwereren Unfällen mit Überrollungen, neben tödlichen Verletzungen des Torsos, den Kopf nicht ausreichend schützen können.

Abstract

As unprotected road users, cyclists make up approximately one third of all traffic fatalities although they are involved in only around 4 % of road accidents. The aim of this thesis was to analyze fatal bicycle accidents within the context of realignment of traffic accident reporting in the fall of 2011 based on accident scenarios, injury patterns and reconstructed accident events involving serious personal injuries in Berlin to create the basis for future prevention measures. For this purpose, all fatal bicycle accidents in the Berlin metropolitan area were compiled from the autopsy archives of the Institute for Forensic Medicine at Charité Berlin and the State Institute for Forensic and Social Medicine Berlin from 2011 to 2016 and compared with police statistics. During the study time frame, a total of 76 cases were recorded, which were analyzed not only from a forensic medical perspective, but also from a technical or accident expert perspective. Impacted body regions were segregated into internal organs, skeleton and soft tissue in order to obtain a comprehensive picture of the injuries.

Twice as many men ($n = 50$) as women ($n = 26$) were affected. Most of them were cyclists in their 7th and 8th decade. Accidents occurred most frequently during working hours between 8 a.m. and 4 p.m. in daylight on dry surfaces. Almost two thirds of those affected ($n = 49$) died within the first 24 hours following the accident. The cause of death in more than half of the cases ($n = 40$) was multiple trauma. The second most common cause of death was isolated craniocerebral trauma in about 40% ($n = 29$). Most often, accidents involved lorries ($n = 31$; 40.8 %), followed by automobiles ($n = 28$; 36.8 %). While head injuries predominated in accidents involving cars, accidents involving heavy vehicles-primarily led to thoracic injuries and degloving.

The vast majority of rollover accidents took place in the context of the typical right-hand turns involving lorries.

If a helmet was worn, predominate injuries were to the thorax, thoracic spine, brain and soft tissue. This demonstrated the severity of these accidents. Without a helmet, head injuries were prevalent.

Prevention measures derived from the results largely relate to the accident participants and the infrastructure, since helmets provide some protection for the

head, but particularly in the case of severe accidents involving rollovers, in addition to fatal torso injuries, they cannot adequately protect the head.

1 Einleitung

1.1 Verkehrsunfälle in Berlin

Ungefähr alle 4 Minuten wird die Berliner Polizei zu einem Verkehrsunfall gerufen. Im Jahr kommt es so zu über 130.000 Einsätzen. Momentan ist die Tendenz der erfassten Verkehrsunfälle steigend. Waren es 2006 noch 120.559 Verkehrsunfälle, so wurden im Jahr 2016 141.155 Verkehrsunfälle verzeichnet (Abb. 1) (1). Dies entspricht einem Zuwachs von 14,6 % innerhalb von 10 Jahren und von 2,5 % von 2015 auf 2016.

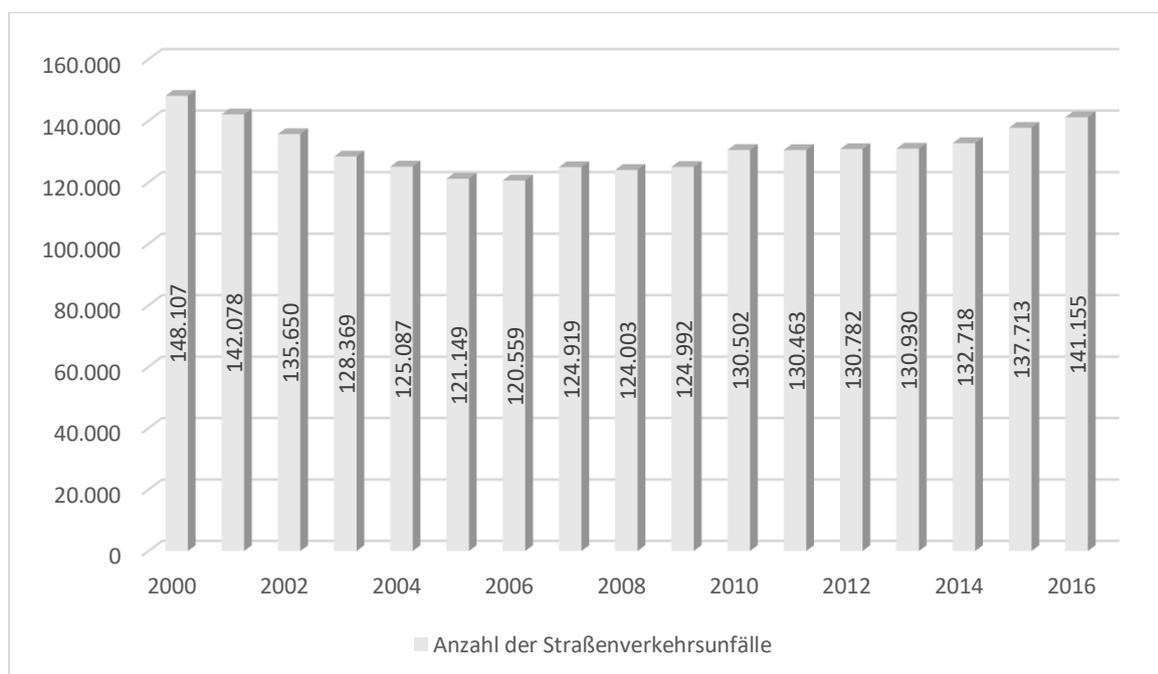


Abbildung 1: Straßenverkehrsunfälle (1)

Vergleicht man die Anzahl der bei Verkehrsunfällen verletzten Straßenverkehrsteilnehmer von 2006 und 2016 mit jeweils ca. 15.000 erfassten Fällen (Abb. 2, S. 2), so findet sich hier kein vergleichbarer Zuwachs an Verletzten, sondern lediglich eine Zunahme von 1,3 %. Die statistisch erfassten Verletztenzahlen der einzelnen Jahre unterliegen hierbei teilweise größeren Schwankungen. So zählte man 2010 sogar weniger als 15.000 Verletzte (1).

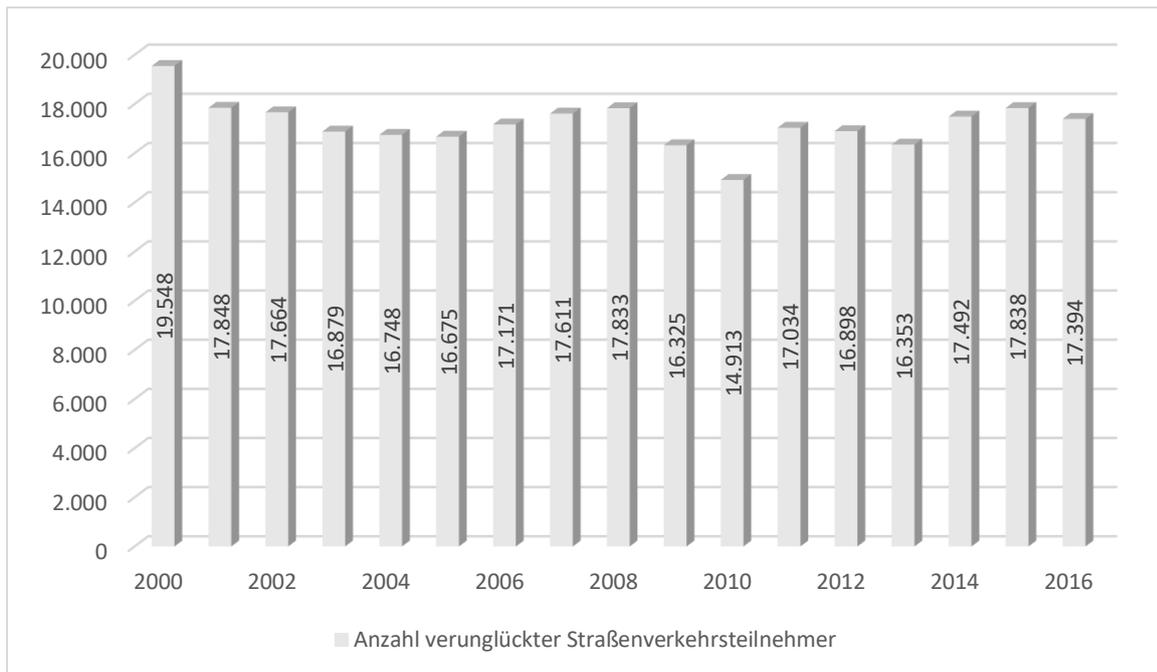


Abbildung 2: Verunglückte Straßenverkehrsteilnehmer (1)

Von diesen ca. 17.000 verunglückten Straßenverkehrsteilnehmern verstarben in den letzten 10 Jahren jedes Jahr zwischen 37 (2013) und 74 (2006) Personen (Abb. 3) (1). Hierbei handelt es sich um weniger als 0,5 % der verunglückten Verkehrsteilnehmer.

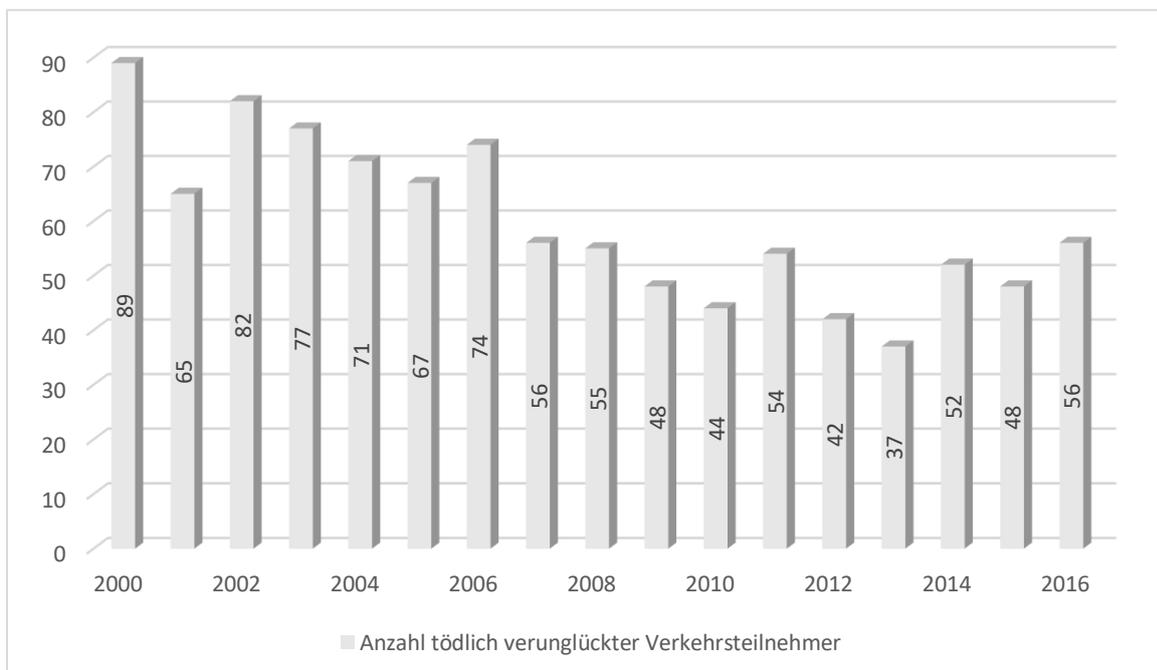


Abbildung 3: Tödlich verunglückte Verkehrsteilnehmer (1)

1.2 Fahrradunfälle

Der Radfahreranteil der Verkehrsteilnehmer (Modal Split) beträgt mittlerweile laut ADFC in Berlin etwa 15 % (2) mit steigender Tendenz. So wurde der Modal Split 2002 noch mit 8 %, 2008 mit 10,8 % (3) und 2013 mit 12,5 % angegeben (4).

Vor allem in Städten steigt der Radfahrerverkehr. Gründe dafür sind u.a., dass mit dem Fahrrad häufig kürzere Distanzen schneller zurückgelegt werden können als mit anderen Verkehrsmitteln, sowie Aspekte der Gesundheitsförderung und des Umweltschutzes. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat darauf reagiert und mit dem Ziel der weiteren Steigerung des Fahrradverkehrs den Nationalen Radverkehrsplan 2020 verabschiedet (3, 5).

Betrachtet man die Häufigkeitsverteilung der Beteiligung aller Verkehrsteilnehmer an Unfällen, so fällt auf, dass 2016 in $\frac{3}{4}$ aller Fälle Pkws beteiligt waren, Radfahrer hingegen nur in knapp 4 % (Abb. 4, S. 4) (1). Die Verteilung in anderen Jahren sieht ähnlich aus (6).

Dennoch machen Radfahrer rund $\frac{1}{3}$ aller getöteten Verkehrsteilnehmer in Berlin aus (Abb. 5, S. 4) (1). Zusammen mit Fußgängern umfasst diese Gruppe der ungeschützten Verkehrsteilnehmer sogar $\frac{2}{3}$ aller Todesfälle im Straßenverkehr (1) und macht sie damit zu einer präventionsrelevanten Gruppe. Insassen von Pkws dagegen sind im Pkw durch die steife Fahrgastzelle und weitere Sicherheitseinrichtungen vergleichsweise gut geschützt, sodass es trotz auffallend häufiger Unfallbeteiligung im urbanen Bereich hierbei seltener zu Todesfällen kommt.

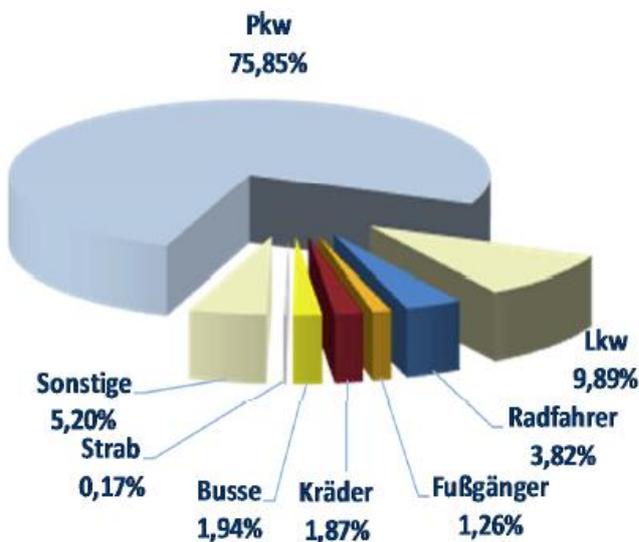


Abbildung 4: Unfallbeteiligte nach Art der Verkehrsbeteiligung in Berlin 2016 (1)

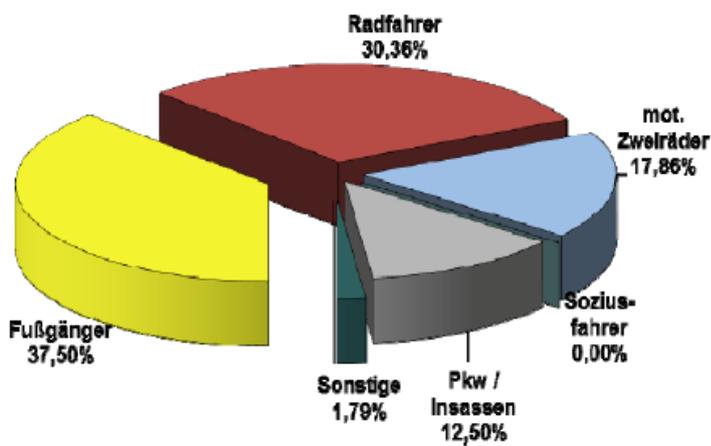


Abbildung 5: Übersicht getöteter Personen nach Verkehrsbeteiligung in Berlin 2016 (1)

2016 wurden 7.495 Unfälle mit Radfahrerbeteiligung polizeilich registriert, wobei davon etwa die Hälfte der Unfälle durch Radfahrer verursacht oder mitverursacht wurde (Abb. 6, S. 5) (1).

In Abb. 7 (S. 5) ist gezeigt, wie viele Radfahrer seit 2000 jährlich in Berlin tödlich verunglückt sind (1). Im Durchschnitt handelte es sich im Zeitraum von 2000-2016 um ca. 12 Radfahrer pro Jahr.

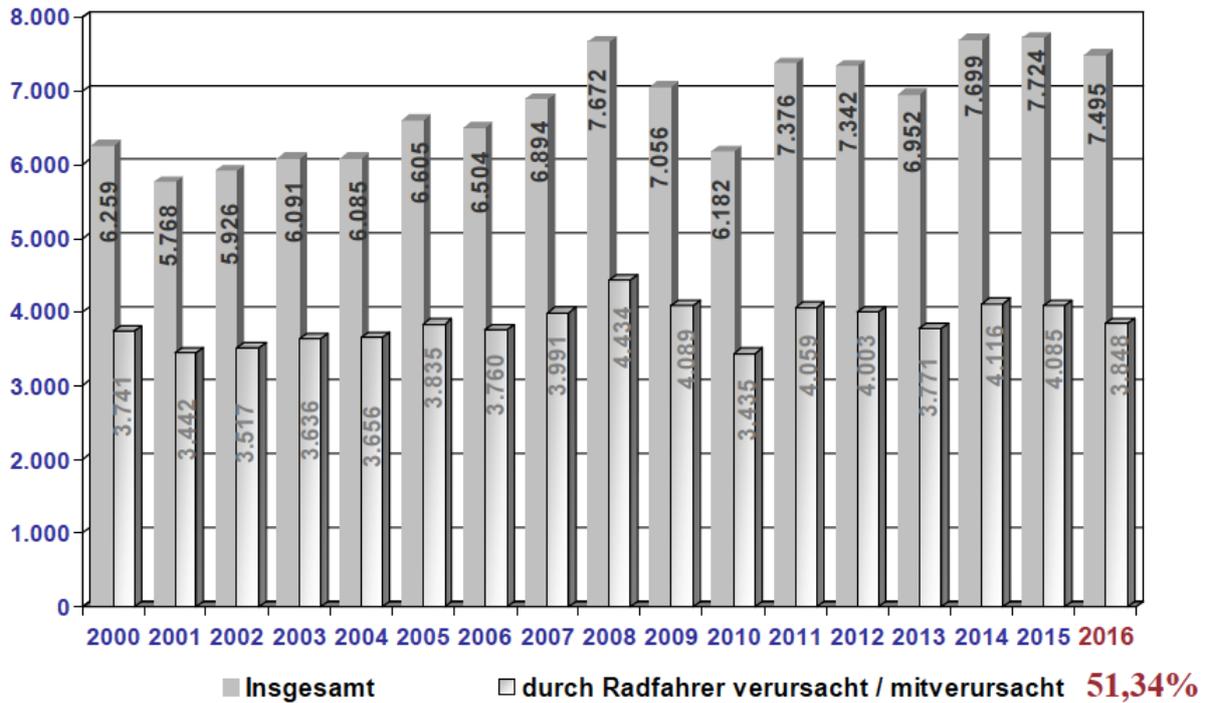


Abbildung 6: Unfälle mit Radfahrereteiligung in Berlin (1)

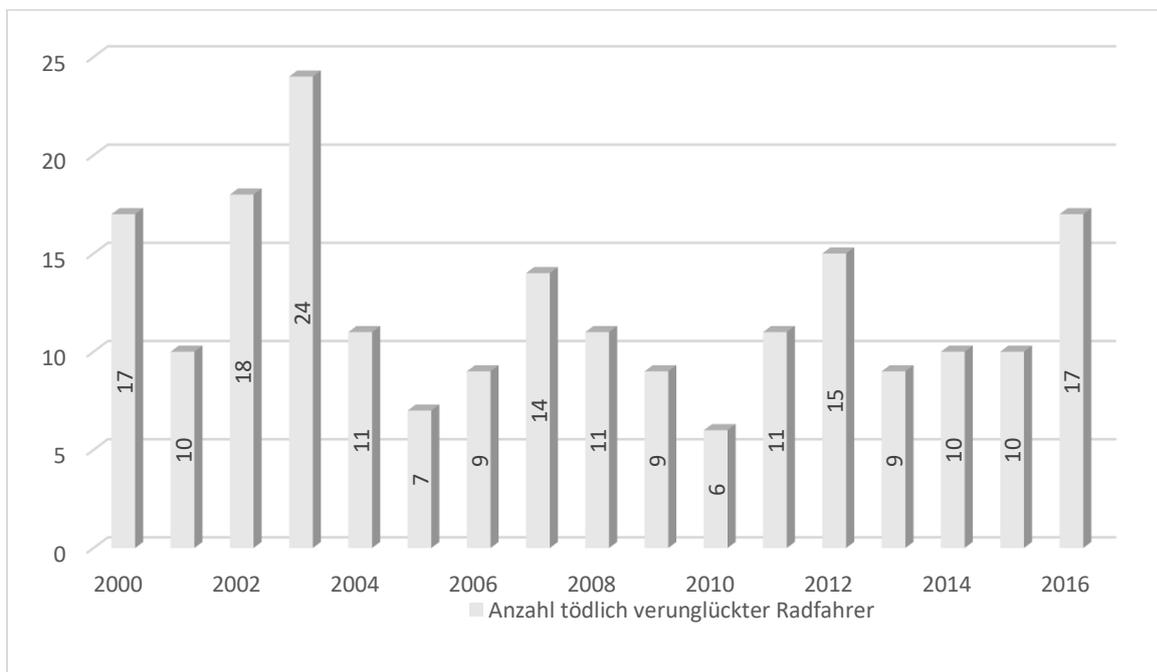


Abbildung 7: Tödlich verunglückte Radfahrer in Berlin (1)

Ein Vergleich Berlins mit anderen Städten scheint an dieser Stelle eher geboten als mit anderen Bundesländern, da sich die innerstädtische Fahrradnutzung und -infrastruktur von der des Flächenlandes unterscheidet (3).

In Abbildung 8 sind die Todeszahlen verunglückter Radfahrer Berlins vergleichend mit denen Hamburgs, Münchens und Amsterdams abgebildet (1, 6-8). Hamburg und München sollen hierbei als Vergleich mit anderen deutschen Großstädten dienen und Amsterdam als Vergleich mit einer Stadt mit sehr hohem Fahrradfahraufkommen. Berlin liegt hierbei deutlich über den Todeszahlen der anderen Städte. Allerdings hat Berlin auch deutlich mehr Einwohner. Nimmt man die der Abbildung 8 zugrundeliegenden Daten und vergleicht die Todesfälle pro Jahr auf 1 Mio. Einwohner, so liegt Berlin mit 3,44 tödlich verunglückten Radfahrern pro Jahr auf 1 Mio. Einwohner im Mittelfeld. Hamburg hat diesbezüglich 3,01 und München 4,59 Todesfälle pro Jahr auf 1 Mio. Einwohner zu verzeichnen. Amsterdam hebt sich diesbezüglich mit 6,74 tödlich verunglückten Radfahren pro Jahr auf 1 Mio. Einwohner ab. An dieser Stelle ist jedoch der hohe Modal Split Amsterdams zu beachten. Dieser betrug 2013 rund 40 % im Vergleich zu Berlin mit etwa 12,5 % im selben Jahr, München mit etwa 17 % und Hamburg mit etwa 12 % (4, 7).

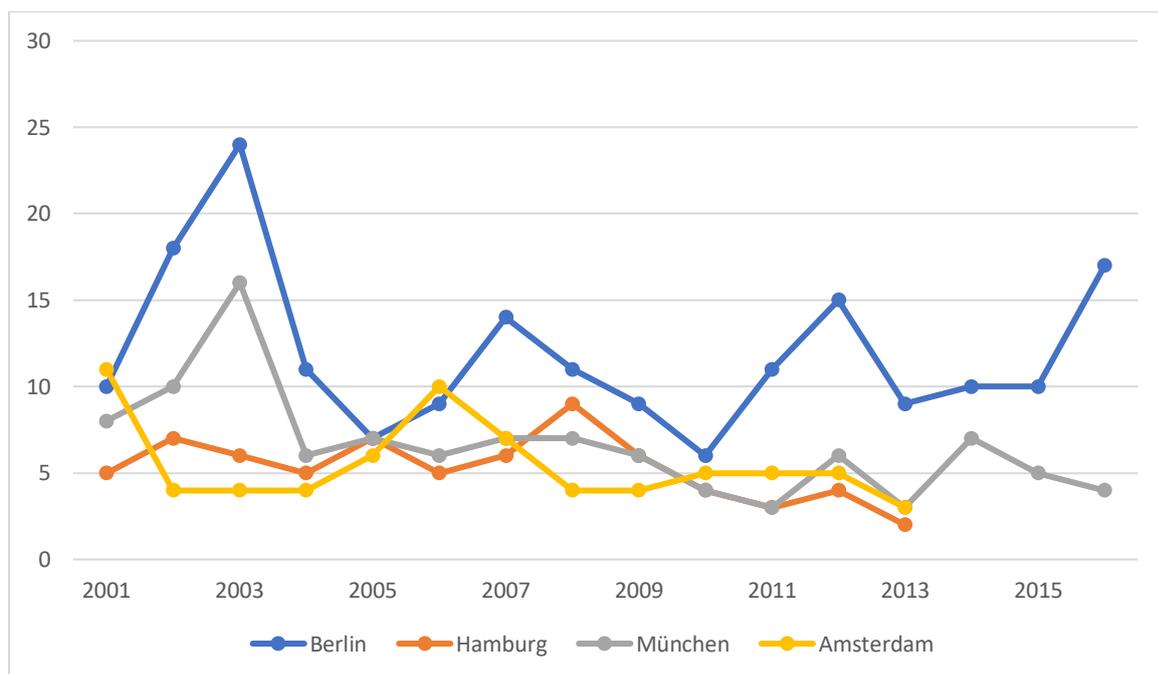


Abbildung 8: Vergleich der Anzahl tödlich verunglückter Radfahrer in verschiedenen Städten (1, 6-8)

An den Berliner Rechtsmedizinischen Instituten (Institut für Rechtsmedizin der Charité und Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin Berlin) fanden 2011-2016 ca. 11.900 Sektionen statt. Das sind ca. 2000 Sektionen pro Jahr (1.983). In diesen 6 Jahren wurden 82 tödlich verunglückte Radfahrer obduziert. Im Durchschnitt sind das 13,7 Sektionen tödlich verunglückter Radfahrer pro Jahr.

Laut Unfallstatistik der Berliner Polizei wurden für diesen Zeitraum nur 72 Todesfälle von Radfahrern im Berliner Straßenverkehr erfasst (1). Diese Diskrepanz erklärt sich u.a. dadurch, dass in Berlin ebenfalls Radfahrer obduziert wurden, deren Unfälle außerhalb Berlins stattfanden, aber auch durch den normativen Rahmen des Unfallstatistikgesetzes. Dort ist festgelegt, dass Personen nur als Verkehrsunfalltote gezählt werden, sofern sie innerhalb von 30 Tagen nach stattgehabtem Verkehrsunfall an dessen Folgen versterben (9). Danach ist der Fall zwar noch formaljuristisch unfallkausal, wird aber nicht mehr statistisch erfasst. Daher werden Verkehrsunfallopfer, welche nach diesem Zeitraum von 30 Tagen versterben nicht als Unfalltote in die Polizeistatistik aufgenommen.

1.3 Unfallaufnahme und -bearbeitung

Ab Herbst 2011 erfolgte eine Neuausrichtung der Verkehrsunfallaufnahme bei schweren Personenschäden in Berlin. Diese sah eine engere Zusammenarbeit aller an der Unfallaufnahme und Unfallrekonstruktion beteiligten Bereiche vor. So werden neben spezialisierten polizeilichen Verkehrsunfallkommandos sowie gesondert zuständigen Abteilungen der Amts- bzw. Staatsanwaltschaft frühzeitig Kräfte des LKA wie auch Sachverständige der Rechtsmedizin und der Verkehrsunfallrekonstruktion einbezogen.

Der Unfallort wird als „Tatort“ behandelt, mit hoher Sorgfalt Spuren gesichert und bis zu deren Dokumentation vor Veränderungen geschützt (Abb. 9, S. 8). Eine gründliche, umfangreiche Datenaufnahme ist hierbei Voraussetzung für eine anschließende digitale Unfallrekonstruktion. Im Zuge der Neuausrichtung wurden im Konsens mit der Staatsanwaltschaft vor jeder Obduktion computertomographische Untersuchungen der Verstorbenen obligat eingeführt.

Teil dieser Zusammenarbeit ist auch die verpflichtende Anwesenheit der polizeilichen Sachbearbeiter bei der gerichtlichen Obduktion. Auch die beteiligten Unfallsachverständigen können an den rechtsmedizinischen Untersuchungen teilnehmen (10, 11).



Abbildung 9: Unfallaufnahme mit als „Tatort“ gesichertem Bereich und Bodenmarkierungen (12)

1.4 Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, die im Zeitraum von 2011-2016 in der Stadt Berlin tödlich verlaufenen Fahrradunfälle bezüglich der Unfallszenarien und damit verbundenen wiederkehrenden Merkmale hinsichtlich der Verletzungsmuster und Unfallabläufe zu untersuchen, um davon ausgehend Voraussetzungen für das Ableiten präventiver Maßnahmen schaffen zu können.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um ein urbanes Fallkollektiv handelt mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit für den Kraftverkehr im Berliner Stadtgebiet zwischen 10 km/h und 60 km/h, respektive 80 km/h auf den innerstädtischen Autobahnen. Urbane Verletzungsmuster unterscheiden sich im Wesentlichen von außerorts erlittenen Verletzungen durch andere Anprallgeschwindigkeiten.

Im Mittelpunkt der öffentlichen Aufmerksamkeit stehen im urbanen Bereich Abbiegeunfälle zwischen abbiegenden Kraftfahrzeugen und Radfahrern (13-15). In dieser Arbeit soll ein Schwerpunkt auf diesen Unfallmechanismus gerichtet werden, da für diesen Unfallmechanismus Präventionspotentiale bestehen könnten.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsmaterial

Grundlage dieser Arbeit bildet die retrospektive Analyse aller in Berlin tödlich verlaufenen Fahrradunfälle im Zeitraum 2011-2016. Hierfür wurden die abgelegten Vorgänge in den Sektionsarchiven des Instituts für Rechtsmedizin der Charité und des Landesinstitutes für gerichtliche und soziale Medizin Berlin recherchiert. Zusätzlich wurden diese Ergebnisse mit der Polizeistatistik abgeglichen. Dieses Vorgehen ermöglichte auch eine Erfassung der Fälle, welche nicht in der Polizeistatistik aufgeführt waren und zugleich auch der Fälle, welche zwar polizeilich erfasst worden waren, jedoch nicht gerichtlich obduziert wurden.

Einschlusskriterium war jeder tödlich verlaufene Radunfall im Berliner Stadtgebiet. Das umfasste auch Radfahrer, welche außerhalb der für das Unfallstatistikgesetz relevanten 30 Tage verstarben. Nicht inkludiert wurden tödliche Radunfälle mit Unfallort außerhalb Berlins, die im Studienzeitraum zuständigkeitshalber ebenfalls in den Berliner rechtsmedizinischen Instituten obduziert worden waren.

Im Untersuchungszeitraum wurden an beiden Berliner rechtsmedizinischen Instituten zusammen ca. 11.900 Sektionen durchgeführt. Darunter waren 82 tödlich verunglückte Radfahrer. Von diesen waren 74 (90,2 %) bei Fahrradunfällen im Berliner Stadtgebiet verunglückt und wurden folglich eingeschlossen. Außerdem wurden 7 (8,5 %) in Brandenburg, sowie ein (1,2 %) in Bayern tödlich verunglückter Radfahrer, welche in Berliner Krankenhäusern verstarben, im Untersuchungszeitraum obduziert, jedoch nicht in diese Arbeit eingeschlossen. Aus der polizeilichen Statistik konnten zudem 2 Fälle ermittelt und eingeschlossen werden, welche keiner Obduktion zugeführt worden waren.

Für die Auswertung wurden Angaben aus den Obduktionsprotokollen, Ergebnisse der postmortalen Computertomographie, Ergebnisse der chemisch-toxikologischen Untersuchungen, Angaben aus den polizeilichen Ermittlungsakten sowie ggf. auch Ergebnisse der neuropathologischen und feingeweblichen Untersuchungen, vorhandene Krankenhausunterlagen und Unfallrekonstruktionsgutachten herangezogen.

Die Konfliktsituationen der Verkehrsteilnehmer, welche zum Unfall geführt haben, wurden als sog. Unfalltypen klassifiziert. Die Einteilung erfolgte in 7 Kategorien – den sog. einstelligen Unfalltypen, welche zudem noch detaillierter in die erweiterten

dreistelligen Unfalltypen untergliedert wurden (Tab. 1 und 2, S. 10f.) (11, 16).

Tabelle 1: Einstellige Unfalltypen im Überblick

Einstelliger Unfalltyp	Erläuterung
Typ 1: Fahrrunfall	<ul style="list-style-type: none"> -Kontrollverlust des Fahrzeuges ohne Einflussnahme anderer Verkehrsteilnehmer -beispielsweise infolge hoher Geschwindigkeiten oder falscher Einschätzung des Straßenverlaufs -da im Verlauf des Unfalls Kontakt mit anderen Verkehrsteilnehmern möglich → nicht zwingend Alleinunfall
Typ 2: Abbiegeunfall	<ul style="list-style-type: none"> -Kontakt zwischen Links- oder Rechtsabbieger und Verkehrsteilnehmer aus der gleichen oder entgegengesetzten Richtung kommend
Typ 3: Einbiegen-/Kreuzen-Unfall	<ul style="list-style-type: none"> -Kontakt eines einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen mit Vorfahrtsberechtigten
Typ 4: Überschreiten-Unfall	<ul style="list-style-type: none"> -Kontakt Verkehrsteilnehmer mit Straße überquerendem Fußgänger
Typ 5: Unfall durch ruhenden Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> -Konfliktsituation aufgrund eines Fahrzeuges „des ruhenden Verkehrs“ -ruhendes Fahrzeug nicht zwingend Unfallgegner
Typ 6: Unfall im Längsverkehr	<ul style="list-style-type: none"> -Annäherung der Fahrzeuge in gleicher oder entgegengesetzter Richtung -und keinem der vorhergehenden Typen möglich zuzuordnen
Typ 7: Sonstiger Unfall	<ul style="list-style-type: none"> -keinem der vorhergehenden Typen möglich zuzuordnen

Tabelle 2: In der Arbeit vertretene dreistellige Unfalltypen

Dreistelliger Unfalltyp	Erläuterung
141-F	gerade Strecke
199-F	sonstige Fahrurfälle
201-AB	Linksabbieger und Nachfolgender hintereinander
211-AB	Linksabbieger und Gegenverkehr geradeaus
224-AB	Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung
232-AB	Rechtsabbieger und Nachfolgender nebeneinander
243-AB	Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung
244-AB	Rechtsabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung
252-AB	zwei Rechtsabbieger
283-AB	Linksabbieger mit Pfeillichtzeichen und Radfahrer auf Radweg
299-AB	sonstiger Abbiegeunfall
301-EK	Bevorrechtigter von links, Wartepflichtiger geradeaus
302-EK	Bevorrechtigter von links, Wartepflichtiger nach links
321-EK	Bevorrechtigter von rechts und geradeaus
371-EK	kreuzend einfahrender Radfahrer von rechts
373-EK	kreuzend einfahrender Radfahrer parallel
399-EK	sonstiger Einbiege-/Kreuzen-Unfall
501-RV	Fahrzeug Parker rechts
502-RV	Fahrzeug Parker links
511-RV	ausweichendes Fahrzeug Nachfolgender Parker rechts
601-LV	Vorausfahrender und Nachfolgender erste Spur
602-LV	Vorausfahrender und Nachfolgender 2. Spur
623-LV	Wartepflichtiger und Nachfolgender vor Knoten, Lichtzeichenanlage

639-LV	Spurwechsler nach links aus unklaren Gründen und Nachfolgender
645-LV	Spurwechsler nach rechts nach Überholen auf Gegenspür und Nachfolgender
646-LV	Spurwechsler nach rechts nach Überholen auf Spur gleicher Richtung und Nachfolgender

Die Daten wurden mit Hilfe des Programmes MS Excel erfasst. Folgende Daten wurden pseudonymisiert erhoben:

-allgemeine Daten:

- Sektionsnummer und Jahr
- Alter, Geschlecht
- Körperlänge, Körpergewicht, BMI
- Sterbedatum und –zeit
- Überlebenszeit
- Sterbeort

-Obduktionsbefunde:

- Todesursache
- Kausalität des Unfalls für den Tod
- Verletzungen
- Vorerkrankungen
- Folgeerkrankungen
- systemische Unfallfolgen
- Unterteilung in Reanimationsverletzungen, Sturz-, Anprall- und Überrollverletzungen
- CT-Ergebnisse
- chemisch-toxikologische Ergebnisse
- neuropathologische/histopathologische Ergebnisse
- Obduktion nach Organspende

-Unfalldaten:

- Unfallzeitpunkt
- Unfallhergang
- Unfalltyp
- Besonderheiten der Unfallstelle
- Anfahrseite
- Unterscheidung des reinen Sturzes vom Unfall mit energiereichem Anprall
- Unterscheidung Fremdbeteiligung/Alleinunfall
- Unfallgegner
- Art des Fahrrads
- Helmtrageverhalten
- meteorologische Bedingungen und Lichtverhältnisse
- Bekleidungszustand
- technische Sicherheit
- Anprallgeschwindigkeit
- Entfernung Anprallstelle- Endlage

Um eine orientierende Vergleichbarkeit der klinisch festgestellten Alkoholkonzentration mit den richtliniengemäß durchgeführten forensischen Blutalkoholbestimmungen (17) zu gewährleisten, wurden die in der Klinik erhobenen Werte im Rahmen dieser Arbeit von Serum- respektive Plasmawerten mit den laborseitig angegebenen Korrekturfaktoren bzw. mit dem Faktor 1,23 auf Vollblut umgerechnet.

2.2 Auswertungsmethode

Die zusammenfassend vergleichenden und statistischen Auswertungen erfolgten mittels des Tabellenkalkulationsprogrammes MS Excel.

3 Ergebnisse

3.1 Verunglückte Fahrradfahrer

3.1.1 Diskrepanzen zur Polizeistatistik

Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt 76 tödlich verunglückte Radfahrer in den Archiven der Berliner rechtsmedizinischen Institute detektiert.

Nach offiziellen Zahlen der Polizeistatistik wurden für den Erhebungszeitraum von 2011-2016 72 Fälle registriert.

Einer der vier zur Polizeistatistik in dieser Arbeit zusätzlich erfassten Fälle betraf einen Radfahrer, der nach 52 Tagen und damit nicht innerhalb der für das Unfallstatistikgesetz relevanten 30 Tage an den Unfallfolgen verstarb.

Andere verunglückte Radfahrer wurden vermutlich aufgrund der Besonderheit der Umstände des Unfallherganges nicht in der Polizeistatistik erfasst.

Ein Radfahrer war aufgrund einer gerade erlittenen atraumatischen Carotidisdissektion seitlich auf die Straße unter einen fahrenden Bus gestürzt. Der Fall wurde dann nicht als Unfall gewertet. Eine andere Radfahrerin hatte bei einem Unfall lediglich eine Kopfprellung erlitten, lehnte eine Behandlung durch den gerufenen RTW ab, wurde am Abend bewusstlos von ihrem Sohn zu Hause aufgefunden und verstarb am nächsten Tag im Krankenhaus, ohne das Bewusstsein wieder erlangt zu haben. Hierbei wurde die Polizei erst im Nachhinein über den Unfall informiert.

Ein weiterer Radfahrer kam auf dem Gebiet des ehemaligen Flughafens Berlin-Tempelhof – also außerhalb des öffentlichen Straßenlandes - zu Sturz, weil ein Kiteskiteboardschirm auf ihn fiel.

Zwei der 72 in der Polizeistatistik aufgeführten Fälle wurden seitens der Staatsanwaltschaft nicht zur Obduktion angeordnet, sodass von den 76 eingeschlossenen Fällen nur bei 74 Fällen Ergebnisse rechtsmedizinischer Untersuchungen vorlagen.

Bei einem dieser beiden Fälle war ein ordnungsgemäß auf abschüssiger Straße parkender Sattelzug beteiligt, an dessen hintere Fahrzeugecke der Fahrradfahrer mit dem am Lenker befindlichen Einkaufskorb stieß und infolgedessen stürzte.

Der andere Radfahrer fuhr vom Rad- und Gehweg zwischen parkenden Kraftfahrzeugen auf die Fahrbahn ohne auf den Fahrzeugverkehr zu achten. Der

Erstkontakt fand vorne rechts in Höhe der Scheinwerfereinheit statt. Der Radfahrer stürzte bei der Kollision auf die Motorhaube, gegen die Frontscheibe und das Dach, wobei er auf der Fahrerseite die Frontscheibe durchschlug und das Dach deformierte und danach nach vorne links auf die Fahrbahn abgeworfen wurde. Das Auto hatte zwar eine Videokamera (sog. Dashcam), deren Daten jedoch nicht mehr auswertbar waren, da sie nach dem Unfall nicht sofort ausgelesen worden waren.

3.1.2 Alter und Geschlecht

Im Erhebungszeitraum sind rund doppelt so viele männliche (n = 50; 65,8 %) wie weibliche Radfahrer (n = 26; 34,2 %) tödlich verunglückt.

Das jüngste Unfallopfer war 13 Jahre alt, das älteste 85 Jahre. Das mittlere Alter lag bei 54,6 Jahren, der Median bei 60 Jahren. 47,4 % (n = 36) aller tödlich verunglückten Radfahrer waren über 60 Jahre alt. Hierbei ist insbesondere das höhere Alter der Frauen von über 60 Jahren mit 61,5 % (n = 16) auffällig.

Betrachtet man das Alter getrennt nach Geschlechtern, so ergeben sich folgende Werte:

Bei Frauen lag das mittlere Alter bei 60,4 Jahren, der Median bei 66,5 Jahren. Die jüngste tödlich verunglückte Radfahrerin war 21 Jahre und die älteste 85 Jahre alt. Bei Männern lag das mittlere Alter mit 51,6 Jahren deutlich niedriger als bei Frauen. Der Median betrug bei ihnen 57 Jahre. Auch hier war der älteste tödlich verunglückte Radfahrer 85 Jahre alt. Der jüngste war 13 Jahre alt.

In Abbildung 10 ist die Anzahl tödlich verunglückter Radfahrer unterteilt in Altersdekaden im Vergleich der Gesamtzahlen und der Geschlechter dargestellt. Die Gesamtaltersspitze sowie die der Männer liegt in der 7. Dekade (61-70 Jahre), die der Frauen in der 8. Dekade (71-80 Jahre). Bei den Frauen liegt die zweite Altersspitze in der 7. Dekade, bei den Männern hingegen in der 3. Dekade (21-30).

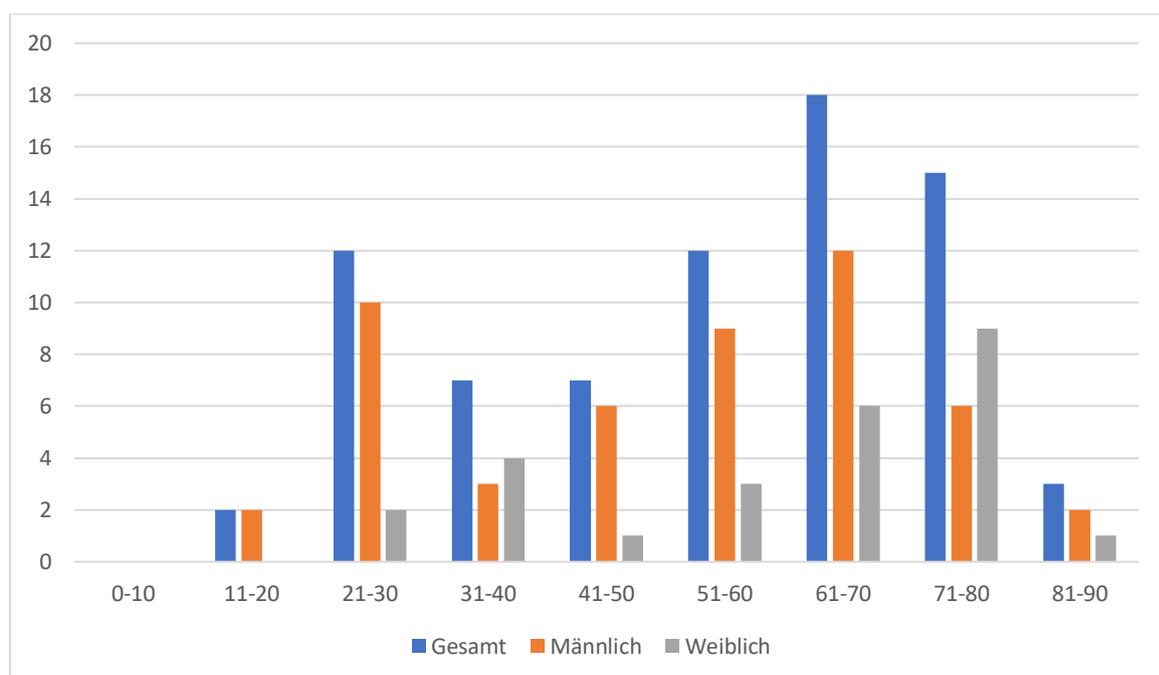


Abbildung 10: Alters- und Geschlechtsverteilung tödlich verunglückter Radfahrer

3.1.3 Zeitliche Verteilung der Unfälle

3.1.3.1 Unfallmonat

Über das gesamte Jahr verteilt fanden in jedem Monat tödlich verlaufene Fahrradunfälle statt (Abb. 11). Die meisten ereigneten sich im April ($n = 10$; 13,2 %), Oktober ($n = 10$; 13,2 %) und Juli ($n = 9$; 11,8 %). Die wenigsten Radfahrer verunglückten im Januar tödlich, mit nur einem Fall (1,3 %), gefolgt von Februar und März, in denen jeweils drei Radfahrer tödlich verunglückten (jeweils 3,9 %).

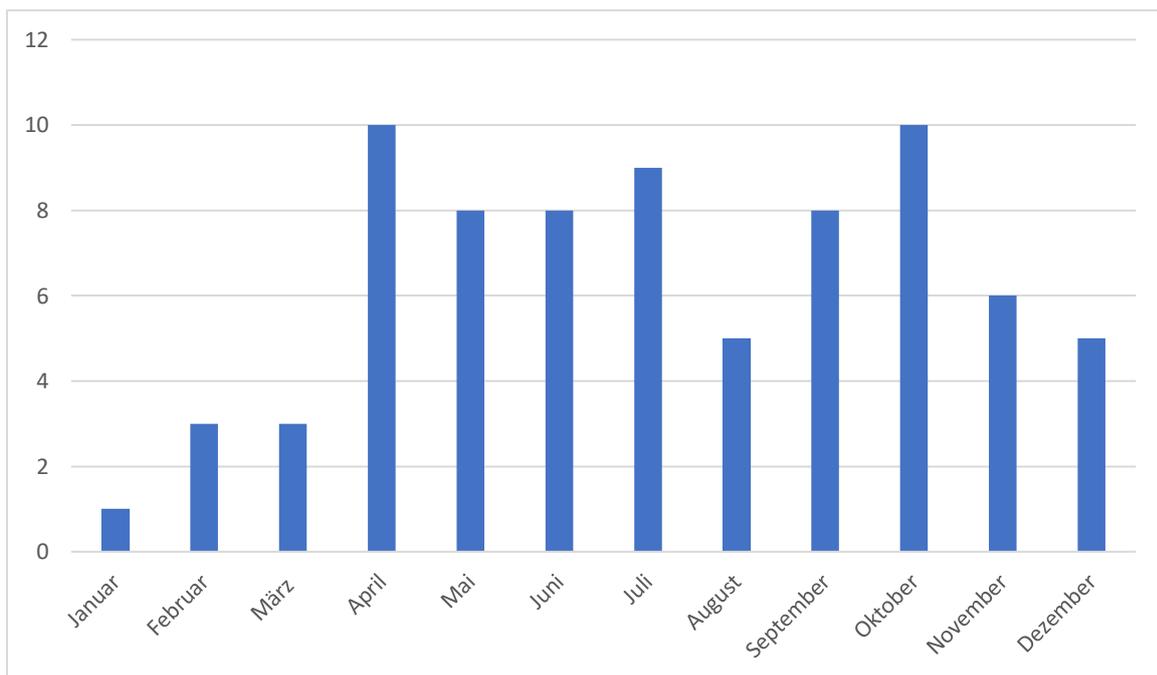


Abbildung 11: Monatsverteilung tödlicher Fahrradunfälle

3.1.3.2 Unfalljahreszeit

Die Unfallverteilung im Verlauf der meteorologischen Jahreszeiten ist für Frühling, Sommer und Herbst mit jeweils etwa 30 % sehr ähnlich (Abb. 12). Davon fanden die meisten tödlich verlaufenen Unfälle unter Radfahrerbetätigung im Herbst statt (n = 24; 31,6 %). Im Winter verunglückten deutlich weniger Fahrradfahrer (n = 9; 11,8 %).

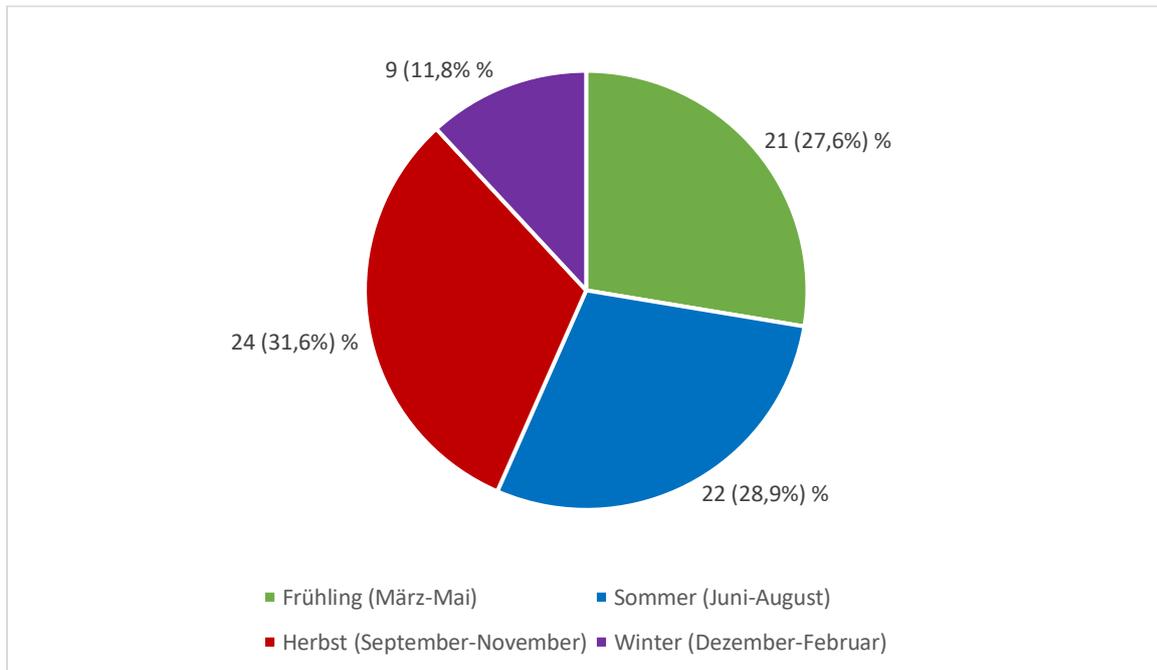


Abbildung 12: Jahreszeitenverteilung tödlicher Fahrradunfälle

3.1.3.3 Unfallwochentag

Im Wochenverlauf verunglückten die meisten Radfahrer an einem Donnerstag (Abb. 13). Rund ein Viertel aller tödlich verlaufenen Unfälle unter Radfahrerbeteiligung ereigneten sich an diesem Wochentag (n = 20; 26,3 %).

Dienstag (n = 11; 14,5 %), Mittwoch (n = 12; 15,8 %), Freitag (n = 10; 13,2 %) und Samstag (n = 11; 14,5 %) fanden ähnlich viele Unfälle statt. Montag (n = 8; 10,5 %) war der unfallschwächste Werktag. Lediglich vier Unfälle (5,3 %) trugen sich an einem Sonntag zu. Etwa 80 % aller Unfälle fanden somit werktags statt.

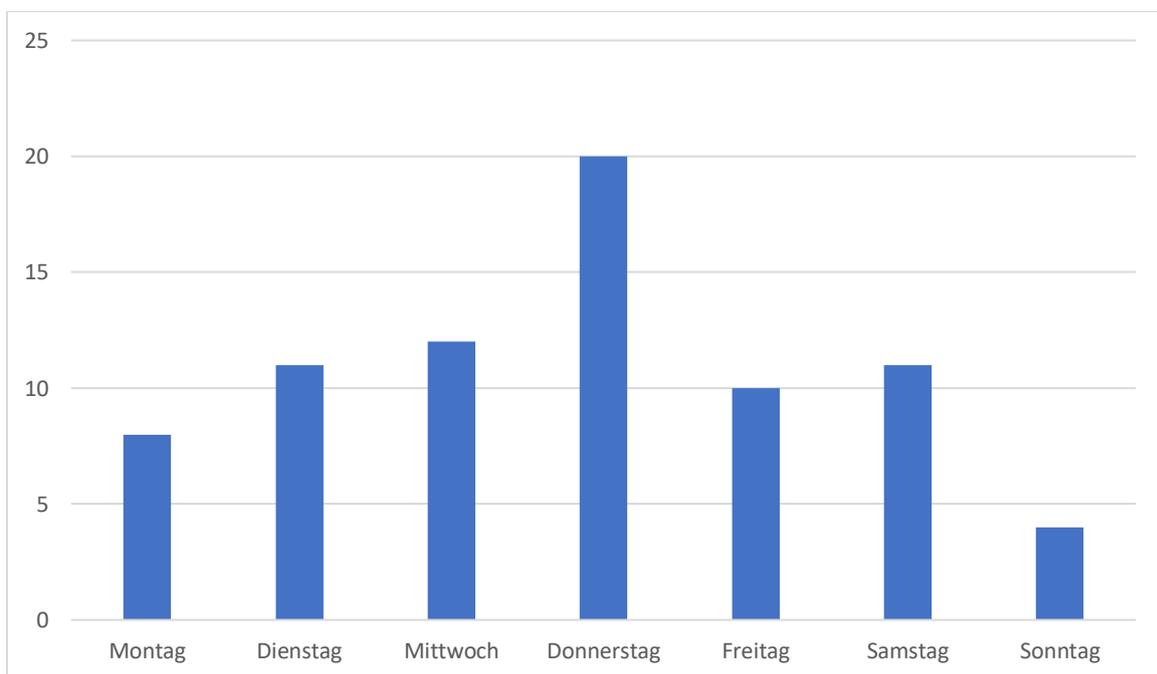


Abbildung 13: Wochentagsverteilung tödlicher Fahrradunfälle

3.1.3.4 Unfallzeitpunkt

In der Zeit zwischen 8:00 – 11:59 Uhr fanden montags, mittwochs und donnerstags die meisten tödlichen Fahrradunfälle statt (Abb. 14). Freitags kam es zu dieser Uhrzeit zu genauso vielen Unfällen wie in der Zeit von 12:00-15:59 Uhr.

An Dienstag überwog ein Unfallzeitpunkt zwischen 12:00-15:59 Uhr, gefolgt von 4:00-7:59 Uhr. Danach folgte an diesem Tag erst die bei den anderen Wochentagen dominierende Zeit zwischen 8:00-11:59 Uhr. An Samstagen erfolgten tödliche Fahrradfahrerunfälle hingegen eher nachmittags zwischen 12:00-15:59 Uhr und 16:00-19:59 Uhr. Sonntags kam es im betrachteten Zeitraum insgesamt zu wenigen Fällen, sodass keine Tendenz abgeleitet werden konnte.

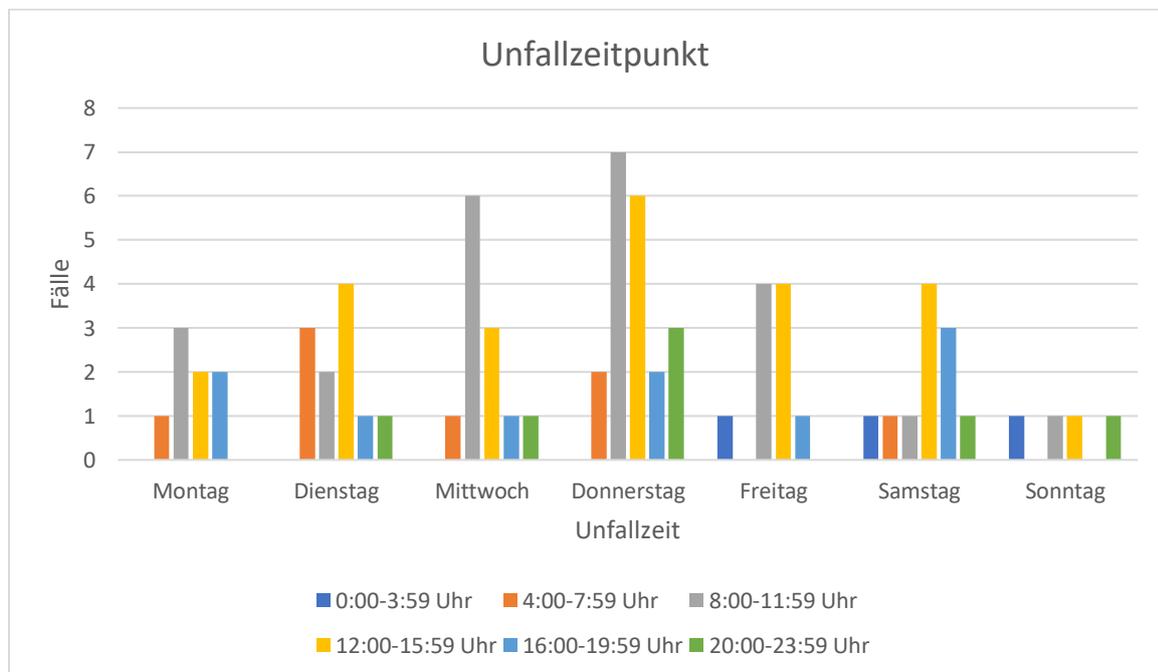


Abbildung 14: Tageszeitliche Verteilung tödlicher Fahrradunfälle

Die prozentuale Verteilung der Unfallzeitpunkte wurden zusätzlich im Altersvergleich von unter und über 65-jährigen betrachtet (Abb. 15). Bei beiden Gruppen überwogen die Unfallzeiten zwischen 8:00-11:59 Uhr und 12:00-15:59 Uhr. Bei über 65-jährigen machten diese beiden Gruppen zusammen über 80 % aller Unfälle aus, bei unter 65-jährigen hingegen nur etwa die Hälfte aller Unfälle. Die meisten unter 65-jährigen verunglückten in der Nachmittagszeit von 12:00-15:59 Uhr (29,2 %), über 65-jährige hingegen eher in der Vormittagszeit von 8:00-11:59 Uhr (46,4 %).

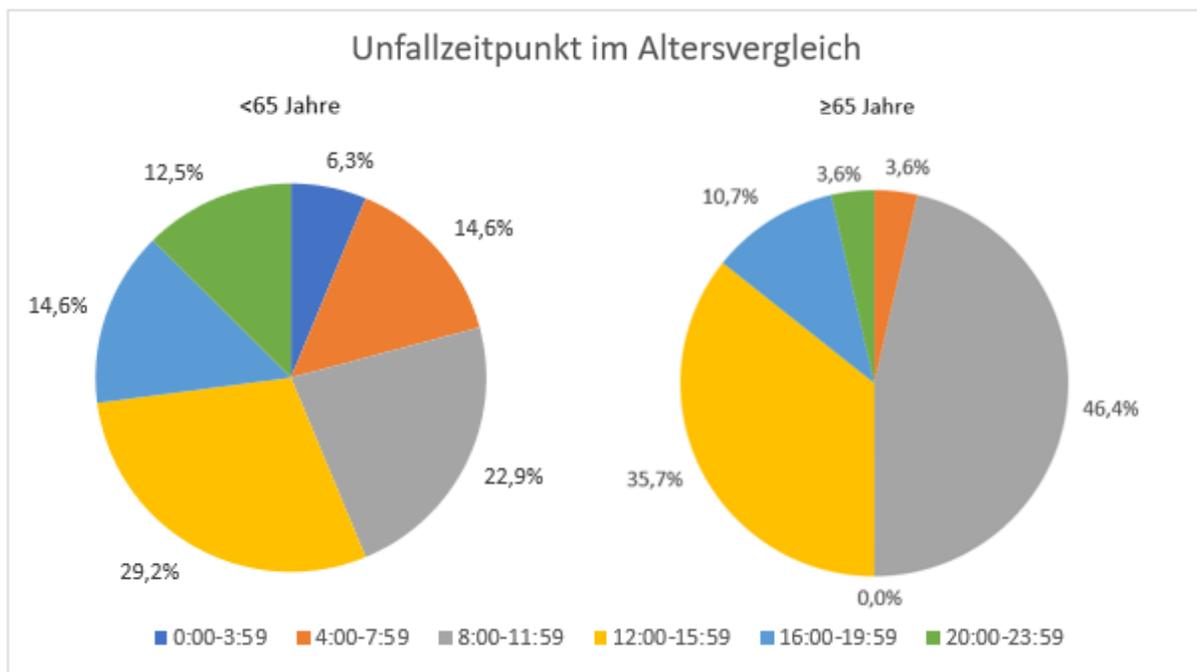


Abbildung 15: Tageszeitliche Verteilung tödlicher Fahrradunfälle im Altersvergleich

3.1.4 Überlebensdauer

Von den 76 Radfahrern verstarben mehr als die Hälfte ($n = 40$; 52,6 %) innerhalb der ersten Stunde nach dem Unfall (Abb. 16). Weitere 9 Radfahrer (11,8 %) verstarben innerhalb von 24 Stunden. Fasst man diese beiden Gruppen zu einer Gruppe von Kurzzeitüberlebenden mit einer Überlebenszeit von bis zu 24 Stunden nach dem Unfall zusammen, so zeigt sich, dass knapp zwei Drittel aller Radfahrer in diesem Zeitraum verstarben ($n = 49$; 64,5 %).

27 Radfahrer (35,5 %) verstarben nach den ersten 24 Stunden. Davon verstarben 17 (22,4 %) in der verbleibenden ersten Woche, 9 (11,8 %) weitere bis zum 30. Tag und eine Radfahlerin verstarb nach 52 Tagen.

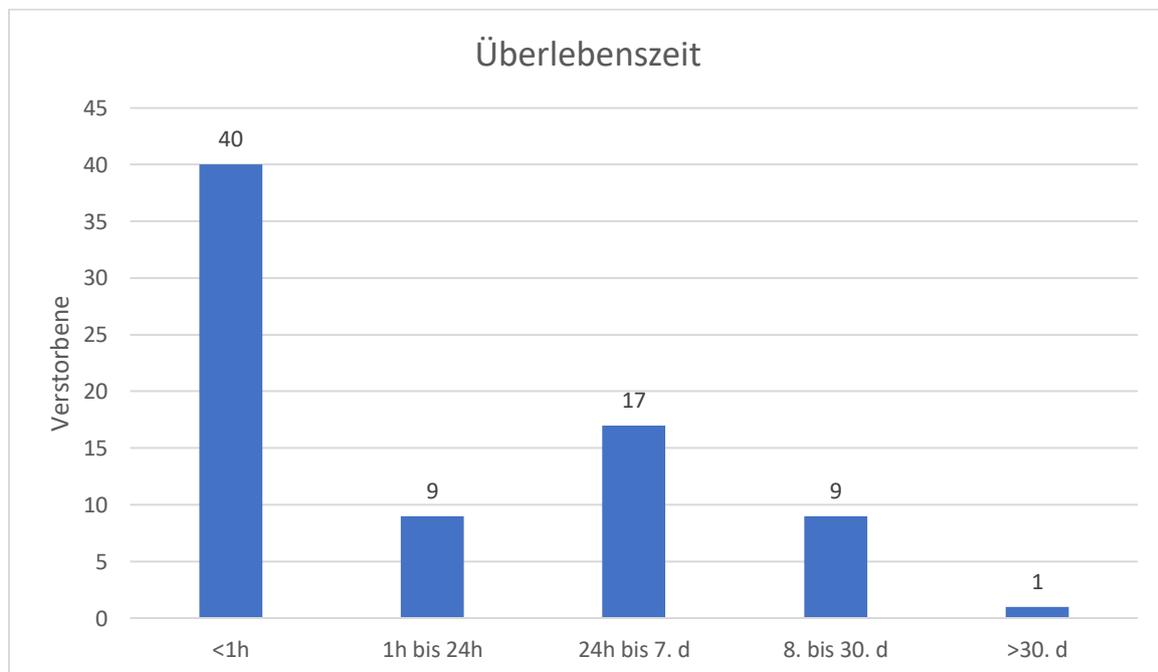


Abbildung 16: Zeit zwischen Unfallzeitpunkt und Versterben des Radfahrers

3.1.5 Sterbeort

Mit 46,1 % (n = 35) verstarben fast die Hälfte der verunglückten Radfahrer noch an der Unfallstelle (Abb. 17). Zwei Radfahrer verstarben während des Transportes im RTW in die Rettungsstelle und fünf Radfahrer verstarben während der Versorgung in der Rettungsstelle.

44,7 % (n = 34) der Radfahrer verstarben während der stationären Behandlung.

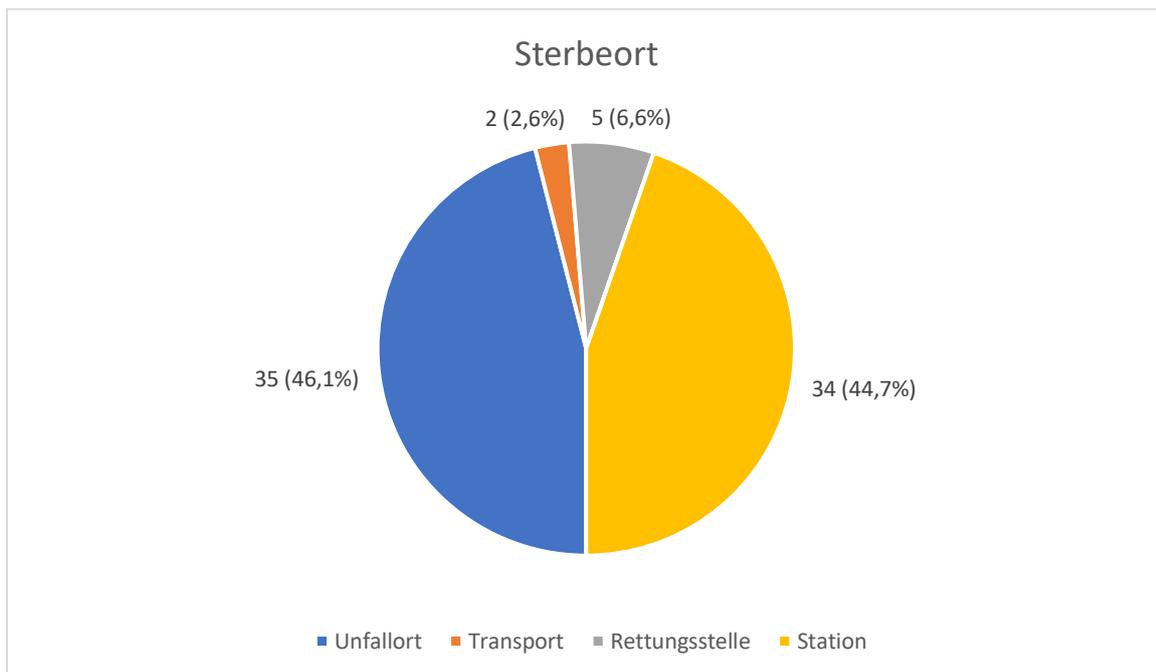


Abbildung 17: Sterbeort

3.1.6 Unfalldaten

3.1.6.1 Unfallhergang / Kontaktart

Der jeweilige Unfallhergang wurde dahingehend eingeteilt, ob der Radfahrer durch einen Anprall mit direkter Krafteinwirkung auf den Körper verletzt wurde oder ohne direkte Krafteinwirkung, beispielsweise durch eine Touchierung des Rades mit Kontrollverlust, zu Fall kam und sich hierbei verletzte (Abb. 18). In dieser Einteilung zeigten sich zwei relativ gleich große Gruppen mit 38 Unfällen mit direkter Krafteinwirkung und 37 ohne direkte Krafteinwirkung. Bei einem Unfall konnte dahingehend keine Aussage gemacht werden, da Zeugen und auch mögliche Unfallgegner nicht ausfindig gemacht werden konnten und somit der Unfallhergang nicht geklärt werden konnte.

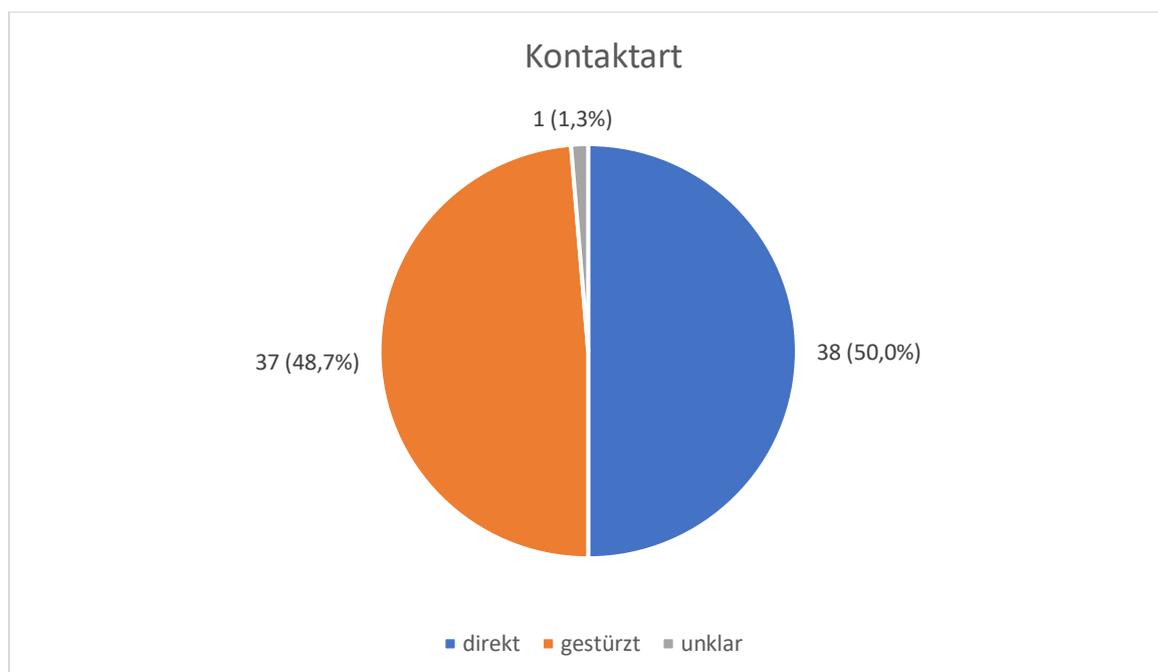


Abbildung 18: Kontaktart der Unfallgegner

3.1.6.2 Unfalltypen (16)

3.1.6.2.1 Einstellige Unfalltypen

Typ 1: Der **Fahrerunfall** entsteht durch Kontrollverlust des Fahrzeuges „infolge zu hoher Geschwindigkeit oder falscher Einschätzung des Straßenverlaufes“ ohne Einflussnahme anderer Verkehrsteilnehmer. Im Verlauf des Unfalls kann es zu Kontakt mit anderen Verkehrsteilnehmern kommen, sodass es sich nicht prinzipiell um einen Alleinunfall handelt. Von den 76 verunglückten Radfahrern hatten fünf Radfahrer per definitionem einen Fahrerunfall (6,6 %).

Hierbei waren die Ursachen für die Stürze ein Anprallen gegen einen Lichtmast, Hängenbleiben in der Spurrille von Straßenbahnschienen mit dem Vorderrad eines Rennrades, äußerlich unbeeinflusstes Abkommen von der Fahrbahn und in zwei Fällen gesundheitlich bedingte Bewusstseinsstörungen. Diese Bewusstseinsstörungen entstanden in einem Fall durch eine atraumatische Carotisdissektion, in einem anderen durch eine Meningitis mit beginnender Enzephalitis.

Typ 2: Beim **Abbiegeunfall** kommt es zum Kontakt zwischen einem Verkehrsteilnehmer, der nach links oder rechts abbiegt und einem, der aus der gleichen oder entgegengesetzten Richtung kommt. Dieser Typ war mit 44,7 % (n = 34) der am häufigsten auftretende Unfalltyp innerhalb des untersuchten Kollektivs.

Typ 3: Der **Einbiegen-/Kreuzen-Unfall** ist definiert durch den Kontakt eines einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen mit einem Vorfahrtsberechtigten. Dies war mit 27,6 % (n = 21) der zweithäufigste Unfalltyp.

Typ 4: Der **Überschreiten-Unfall** kommt durch den Kontakt eines Fahrzeuges mit einem Fußgänger, der die Straße überqueren möchte, zustande. In dieser Arbeit gibt es keinen Fall, der diesem Typ zugeordnet werden konnte.

Typ 5: Ein **Unfall durch ruhenden Verkehr** entsteht bei Zusammentreffen eines fahrenden Verkehrsteilnehmers mit einem Fahrzeug „des ruhenden Verkehrs“, beispielsweise einem parkenden oder haltenden Fahrzeug oder durch eine Konfliktsituation, welche durch ein Fahrzeug „des ruhenden Verkehrs“ hervorgerufen wurde. Dieser Typ betraf vier der (5,3 %) tödlich verunglückten Radfahrer.

Hierbei kamen zwei Radfahrer durch plötzlich geöffnete Autotüren zu Fall. Ein Radfahrer blieb auf abschüssiger Straße mit dem Lenker am hinteren Fahrzeugeck eines ordnungsgemäß geparkten Lkws hängen und stürzte. Ein weiterer Radfahrer

wurde von einem Lkw, der in gleicher Fahrtrichtung fuhr, erfasst und überrollt, als beide einen am rechten Fahrbahnrand haltenden Krankenwagen passierten und hierfür die Spur wechseln mussten.

Typ 6: Der Unfall im Längsverkehr entsteht durch Situationen, in denen sich Fahrzeuge in gleicher oder entgegengesetzter Richtung annäherten, diese Situationen aber nicht einem der vorhergehenden fünf Typen zugeordnet werden können. In 13,2 % (n = 10) kam es zu diesem Unfalltyp.

Typ 7: Dies sind sonstige Unfälle, die keinem der anderen Unfalltypen zugeordnet werden können. Im untersuchten Kollektiv entsprach ein Fall (1,3 %) dieser Kategorie. In diesem Fall versuchte ein an Demenz erkrankter Radfahrer die Autobahn A10 zu überqueren und wurde von einem Pkw erfasst.

Unklar: Ein Fall konnte keinem Unfalltyp zugeordnet werden, da die Umstände des Unfalles nicht aufgeklärt werden konnten. (11, 16)

Die Verteilung der einstelligen Unfalltypen wird in Abbildung 19 dargestellt.

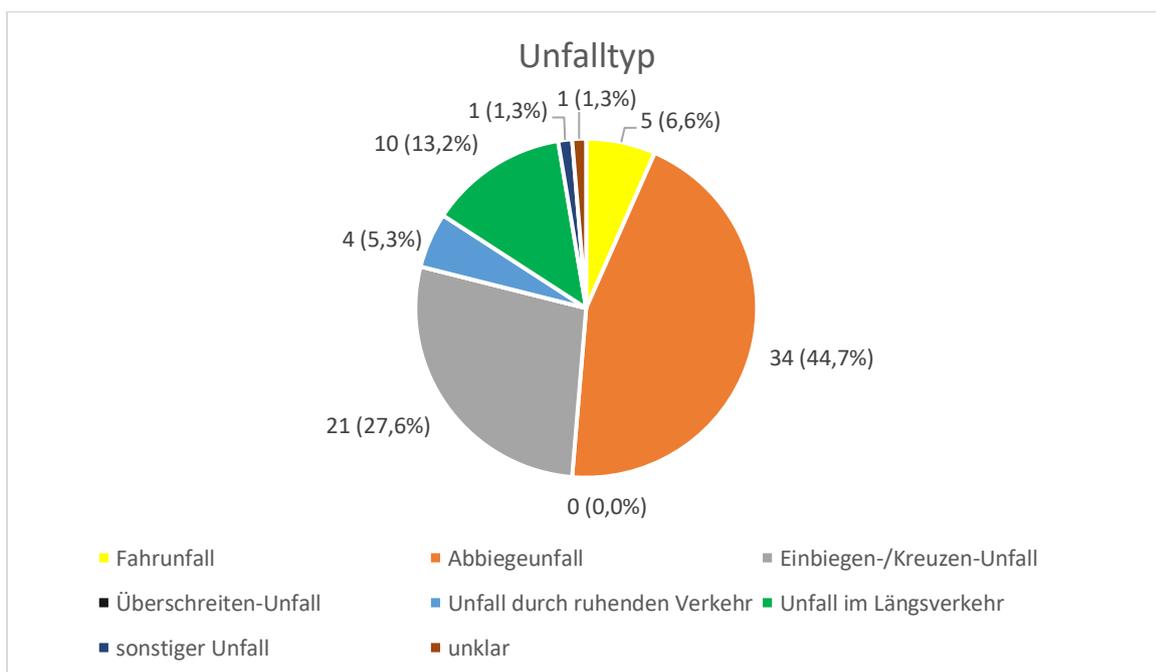


Abbildung 19: Verteilung der einstelligen Unfalltypen

3.1.6.2.2 Erweiterte dreistellige Unfalltypen

In Tabelle 3 (S. 29) erfolgt eine detailliertere Auflistung der Unfalltypen in die erweiterten dreistelligen Unfalltypen. Diese setzen sich aus einer dreistelligen Zahl und einer Abkürzung einer der 7 Kategorien des einstelligen Unfalltyps zusammen.

Der häufigste erweiterte Unfalltyp war „243-AB Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung“ (Abb. 20). Durch einen Unfall mit dieser Konfliktsituation eines Rechtsabbiegers und eines Radfahrers, der sich auf dem Radweg aus der gleichen Richtung bewegte, aber geradeaus fahren wollte und Vorfahrt hatte, starben 17 Radfahrer (22,4 %). „399-EK sonstiger Einbiege-/Kreuzen-Unfall“ war der zweithäufigste erweiterte Unfalltyp (10,5 %). Dies betraf v.a. Situationen, in denen der Radfahrer vom Fußweg kommend in die spätere Unfallstelle einfuhr. Der erweiterte Unfalltyp „224-AB Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung“ war in 5 Fällen (6,6 %) Konfliktsituation des Unfalles (Abb. 20). Hierbei kam es jeweils zu einem Unfall zwischen einem Linksabbieger und einem Radfahrer, welcher vom Radweg kommend aus der Gegenrichtung geradeaus fuhr. Ebenfalls 5-mal (6,6 %) wurde der erweiterte Unfalltyp „299-AB sonstiger Abbiegeunfall“ erfasst. In diesen Situationen kamen die Radfahrer vom Fußweg, während ein anderes Fahrzeug abbog.

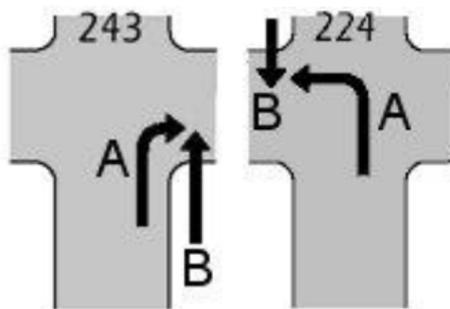


Abbildung 20: Abbiegetypen 243-AB und 224-AB

Die Einteilung der „sonstigen“ Unfälle in der jeweiligen Kategorie der Unfalltypen erfolgte relativ häufig, da hier alle Unfälle eingruppiert wurden, welche nicht explizit im System der erweiterten Unfalltypen angelegt sind. Dies betraf häufig Situationen, in denen Radfahrer vom Gehweg kamen oder zwar auf dem Radweg unterwegs waren, jedoch keine Vorfahrt hatten. Ebenfalls nicht definiert war ein Unfall zwischen einem Radfahrer auf dem Radweg, welcher sich zusammen mit dem Fußweg rechts von parkenden Autos befand, und einem links davon geparkten Fahrzeug. Zu nennen sind ebenfalls Konfliktsituationen zwischen Radfahrern im Längsverkehr, welche sich beide

auf dem Radweg befinden. Des Weiteren war das Überqueren der Autobahn nicht definiert und ein Sturz durch einen Kiteskateboardschirm, der auf einem Radfahrer gelandet ist.

Insgesamt konnten 19 Unfallkonfliktsituationen nicht klar den vordefinierten erweiterten Unfalltypen zugeordnet werden und mussten daher als „sonstige“ innerhalb ihres einfachen Unfalltyps eingeordnet werden.

Tabelle 3: Verteilung der dreistelligen Unfalltypen

141-F	gerade Strecke	2
199-F	sonstiger Fahrnunfall	3
201-AB	Linksabbieger und Nachfolgender hintereinander	1
211-AB	Linksabbieger und Gegenverkehr geradeaus	2
224-AB	Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung	5 (6,6 %)
232-AB	Rechtsabbieger und Nachfolgender nebeneinander	1
243-AB	Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung	17 (22,4 %)
244-AB	Rechtsabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung	1
252-AB	zwei Rechtsabbieger	1
283-AB	Linksabbieger mit Pfeillichtzeichen und Radfahrer auf Radweg	1
299-AB	sonstiger Abbiegeunfall	5 (6,6 %)
301-EK	Bevorrechtigter von links, Wartepflichtiger geradeaus	3
302-EK	Bevorrechtigter von links, Wartepflichtiger nach links	1
321-EK	Bevorrechtigter von rechts und geradeaus	3
371-EK	kreuzend einfahrender Radfahrer von rechts	3
373-EK	kreuzend einfahrender Radfahrer parallel	3
399-EK	sonstiger Einbiege-/Kreuzen-Unfall	8 (10,5 %)
501-RV	Fahrzeug Parker rechts	2
511-RV	ausweichendes Fahrzeug Nachfolgender Parker rechts	1
599-RV	sonstiger Unfall im ruhenden Verkehr	1

601-LV	Vorausfahrender und Nachfolgender erste Spur	2
602-LV	Vorausfahrender und Nachfolgender 2. Spur	1
623-LV	Wartepflichtiger und Nachfolgender vor Knoten, Lichtzeichenanlage	1
639-LV	Spurwechsler nach links aus unklaren Gründen und Nachfolgender	1
645-LV	Spurwechsler nach rechts nach Überholen auf Gegenspur und Nachfolgender	1
646-LV	Spurwechsler nach rechts nach Überholen auf Spur gleicher Richtung und Nachfolgender	1
651-LV	Nebeneinanderfahrende gleiche Richtungsfahrbahnen	2
699-LV	sonstiger Unfall im Längsverkehr	1
799-SO	sonstige übrige Unfälle	1
unklar		1

3.1.6.3 Unfallbeteiligte

3.1.6.3.1 Fremd- und Alleinunfall

In der großen Mehrheit der Fälle (96,1 %, n = 73) handelte es sich um Unfälle mit Fremdbeteiligung (Abb. 21). Nur 2,6 % (n = 2) waren Alleinunfälle und in einem Fall konnte wegen fehlender Erkenntnisse zum Unfallhergang keine Aussage hierzu gemacht werden.

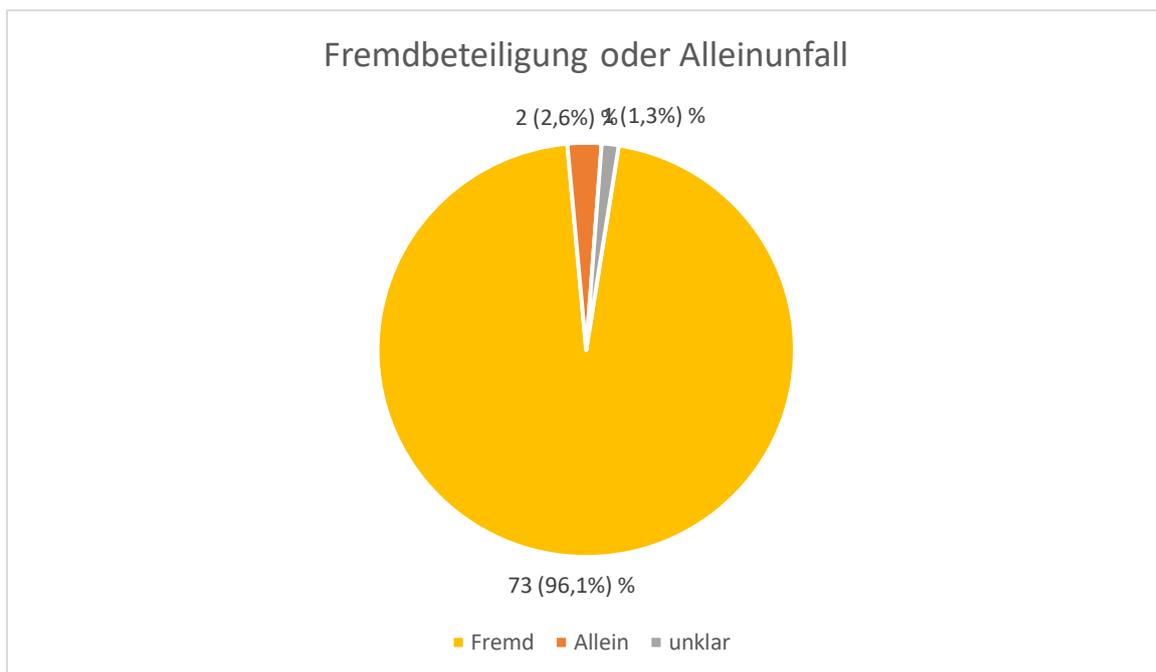


Abbildung 21: Fremdbeteiligung oder Alleinunfall

3.1.6.3.2 Unfallgegner

Die häufigsten Unfallgegner waren Lkws mit 40,8 % (n = 31), gefolgt von Pkws mit 36,8 % (n = 28). Andere Unfallgegner waren deutlich seltener an Unfällen mit Radfahrern beteiligt. In fünf Fällen kam es zu einem Unfall mit einer Straßenbahn, in vier Fällen mit einem Fahrrad, zweimal mit einem Bus und jeweils einmal mit einem Fußgänger, Radlader und Kite-Skateboarder (Tab. 4, S. 32).

Tabelle 4: Verteilung der Unfallgegner

Unfallgegner	Anzahl	Genauere Aufgliederung	Anzahl
Lkw	31 (40,8 %)	Sattelzug	12
		Gliederzug	1
		Mehrachsiger Betonmischer	1
		Klein-Lkw	1
Pkw	28 (36,8 %)		
Straßenbahn	5 (6,6 %)		
Fahrrad	4 (5,3 %)		
Bus	2 (2,6 %)		
Keiner	2 (2,6 %)		
Fußgänger	1 (1,3 %)		
Sonstige	2 (2,6 %)	Radlader	1
		Kite-Skateboarder	1
unklar	1 (1,3 %)		

3.1.6.4 Korrelation der Unfalltypen und Unfallgegner

3.1.6.4.1 Unfalltypen der Unfälle mit Pkws

Bei Unfällen mit Pkws (n = 28) handelte es sich in 10 Fällen um Abbiegeunfälle. Davon wurden 4 dem erweiterten Unfalltyp „283-AB – Linksabbieger mit Pfeillichtzeichen und Radfahrer auf Radweg“, 2 dem erweiterten Unfalltyp „211-AB – Linksabbieger und Gegenverkehr geradeaus“, sowie jeweils ein Fall den Typen „283-AB – Linksabbieger mit Pfeillichtzeichen und Radfahrer auf Radweg“ und „201-AB – Linksabbieger und Nachfolgender hintereinander“ zugeordnet. Zwei Fälle fielen in die Kategorie „299-AB – sonstiger Abbiegeunfall“.

In 10 Fällen handelte es sich um Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle“. 2 Fälle wurden dem erweiterten Unfalltyp „312-EK – Bevorrechtigter von rechts und geradeaus“, einer dem Typ „321-EK – Bevorrechtigter von rechts, Wartepflichtiger geradeaus“, 3 dem Typ „371-EK – kreuzend einfahrender Radfahrer von rechts“ (der Radfahrer fährt senkrecht zum Fließverkehr vom Fußweg auf die Straße um diese zu kreuzen), einer dem Typ „373-EK – kreuzend einfahrender Radfahrer parallel“ (der Radfahrer fährt vom Fußweg

auf die Straße um dort in Fahrrichtung parallel zum Fließverkehr weiterzufahren), sowie 3 dem Typ „399-EK – sonstiger Einbiege- /Kreuzen- Unfall“ zugeordnet.

In 2 Fällen waren parkende Fahrzeuge beteiligt. Jeweils ein Fall wurde in die erweiterten Unfalltypen „501-RV – Fahrzeug Parker rechts“ sowie „599-RV – sonstiger Unfall im ruhenden Verkehr“ eingeteilt.

Weitere 5 Fälle ereigneten sich mit zwei beteiligten im Längsverkehr. Jeweils ein Fall wurden den erweiterten Unfalltypen „601-LV – Vorfahrer und Nachfolger in erster Spur“, „602-LV – Vorfahrer und Nachfolger in zweiter Spur“, „639-LV – Spurwechsler nach links aus unklaren Gründen und Nachfolger“, „645-LV – Spurwechsler nach rechts nach Überholen auf Gegenseite und Nachfolger“ und „646-LV – Spurwechsler nach rechts nach Überholen auf Spur gleiche Richtung und Nachfolger“ zugeteilt.

Ein Fall wurde dem erweiterten Unfalltyp „799-SO – übrige Unfälle“ zugewiesen.

3.1.6.4.2 Unfalltypen der Unfälle mit Lkws

Bei Unfällen mit Lkws (n = 31) handelte es sich in 23 Fällen um Abbiegeunfälle. Davon wurden 17 dem erweiterten Unfalltyp „243-AB – Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung“, jeweils ein Unfall den erweiterten Unfalltypen „232-AB – Rechtsabbieger und Nachfolger nebeneinander“, „252-AB – zwei Rechtsabbieger“ und „244-AB – Rechtsabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung“, 3 Unfälle dem erweiterten Unfalltyp „299-AB – sonstiger Abbiegeunfall“ zugeordnet.

In 5 Fällen handelte es sich um „Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle“. Von diesen wurden 3 Unfälle dem Unfalltyp „301-EK – Bevorrechtigter von links, Wartepflichtiger geradeaus“, einer „373-EK – kreuzend einfahrender Radfahrer parallel“ (der Radfahrer fährt vom Fußweg auf die Straße um dort in Fahrrichtung parallel zum Fließverkehr weiterzufahren) und einer den „sonstigen Einbiege-/Kreuzen-Unfällen“ (399-EK) zugeordnet.

In zwei Fällen bei Unfällen mit Lkws waren parkende Autos ein Teil der Unfallkonstellation. In einem Fall handelte es sich um den erweiterten Unfalltyp „501-RV – Fahrzeug Parker rechts“ und in einem weiteren Fall um „511-RV – ausweichendes Fahrzeug Nachfolger Parker rechts“.

Ein weiterer Unfalltyp war „601-LV – Vorfahrer und Nachfolger erste Spur“.

3.1.6.4.3 Unfalltypen der Unfälle mit sonstigen Unfallgegnern

In 5 Fällen waren Straßenbahnen beteiligt. Davon wurden 4 Fälle dem erweiterten Unfalltyp „399-EK – sonstiger Einbiege- /Kreuzen-Unfall“ und einer dem Typ „199-F – sonstige Fahrurfälle“ zugeordnet.

Busse waren in 2 Fällen die Unfallgegner. Hier wurde jeweils ein Fall zum erweiterten Unfalltyp „199-F – sonstiger Fahrurfall“ und „302-EK – Bevorrechtigter von links, Wartepflichtiger nach links“ eingeteilt.

In 4 Fällen verunfallten zwei Radfahrer miteinander. Von diesen wurden 2 Fälle dem erweiterten Unfalltyp „651-LV Nebeneinanderfahrende gleiche Richtungsfahrbahnen“ und jeweils einer den Typen „623-LV – Wartepflichtiger und Nachfolgender vor Knoten, Lichtzeichenanlage“ und „373-EK – kreuzende einfahrende Radfahrer parallel“ zugewiesen.

Einmal war ein Radlader beteiligt. Hier handelte es sich um den erweiterten Unfalltyp „224-AB – Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung“.

Ein Zusammenstoß zwischen einem Fußgänger und einem Radfahrer wurde einmal erfasst. Dieser Fall wurde dem erweiterten Unfalltyp „199-F – sonstiger Fahrurfall“ zugeordnet.

Der Schirm eines Kite-Skateboarders verursachte einen Unfall, welcher in den erweiterten Unfalltyp „699-LV – sonstiger Unfall im Längsverkehr“ fiel.

In zwei Fällen gab es keinen Unfallgegner. Diese Fälle wurden dem erweiterten Unfalltyp „141-F – gerade Strecke“ zugewiesen.

Bei einem Fall bleibt der Unfallgegner unklar und kann somit nicht kategorisiert werden.

3.1.6.5 Korrelation der Anprallseite und Unfallgegner

3.1.6.5.1 Die Anprallseite bei Unfällen mit Pkws

Bei 28 Unfällen, die zwischen Pkws und Fahrradfahrern stattfanden, wurden 16 Fahrradfahrer von links (57,1 %), 6 von rechts (21,4 %), 2 frontal (7,1 %), einer von hinten (3,6 %), sowie einer von links hinten (3,6 %) erfasst.

Einer wurde von links beim Überholen touchiert (3,6 %), wodurch er zu Fall kam, und einer kam durch Bremsung zu Fall, bevor er von einem Pkw überrollt wurde (3,6 %).

3.1.6.5.2 Die Anprallseite bei Unfällen mit Lkws

Bei den 31 Unfällen, die zwischen Lkws und Fahrradfahrern stattfanden, wurden 20 Radfahrer auf ihrer linken Seite touchiert (64,5 %), wodurch sie zu Fall kamen.

Bei 4 Fahrradfahrern kam es zum Anprall auf der linken Seite des Radfahrers (12,9 %) und 3 Radfahrer wurden von hinten erfasst (9,7 %). Zwei Radfahrer wurden von rechts touchiert, bevor sie zu Fall kamen (6,5 %). Jeweils ein Radfahrer wurde von rechts (3,2 %) und rechts hinten (3,2 %) erfasst.

3.1.6.5.3 Die Anprallseite bei Unfällen mit sonstigen Unfallgegnern

Beim Zusammenstoß mit Straßenbahnen wurden alle 5 Radfahrer von links erfasst (100 %).

War der Unfallgegner ein anderer Radfahrer ($n = 4$), so fanden in 3 Fällen Touchierungen statt, die den Radfahrer zu Fall brachten. In jeweils einem Fall war dabei die Seite links, rechts und unbestimmt betroffen. Bei einem Fahrradfahrer kam es zu einer Kollision mit einem anderen Fahrradfahrer, der von links kam.

Bei den tödlichen Unfällen mit Bussen ($n = 2$) kollidierte ein Radfahrer linksseitig mit einem Bus, ein anderer fiel aufgrund einer akuten cerebralen Minderperfusion im Rahmen einer atraumatischen Carotidisdissektion nach links unter einen fahrenden Bus.

Der Fahrradfahrer, der einen Unfall mit einem Radlader hatte ($n = 1$), wurde von links touchiert, bevor er fiel.

Ein Radfahrer wurde bewusstlos und fuhr einen Fußgänger von hinten an. Ein weiterer Radfahrer kam zu Fall, nachdem ein Schirm eines Kite-Skateboarders über ihm kollabiert war und sich um ihn gelegt hatte.

Ein Radfahrer kam nach Kontakt mit einem Lichtmast zu Sturz, ein weiterer stürzte ohne Fremdeinfluss und bei einem Fall ist der Unfallhergang gänzlich unklar.

3.1.6.6 Art des Fahrrades

Von den 76 tödlich verunglückten Fahrradfahrern fuhren 42,1 % (n = 32) ein Damenfahrrad, 22,4 % (n = 17) ein Herrenfahrrad, 13,2 % (n = 10) ein Mountainbike und 10,5 % (n = 8) ein Rennrad (Abb. 22). In vier Fällen handelte es sich um andere Fahrradtypen. Zwei Fahrräder waren Elektrofahrräder im Damenraddesign, eins davon dreirädrig. Bei einem Fahrrad handelte es sich um ein Liegerad und bei einem weiteren um ein Single Speed Fahrrad.

In 5 Fällen wurde in den polizeilichen Akten keine Angabe zum Fahrradtyp erfasst.

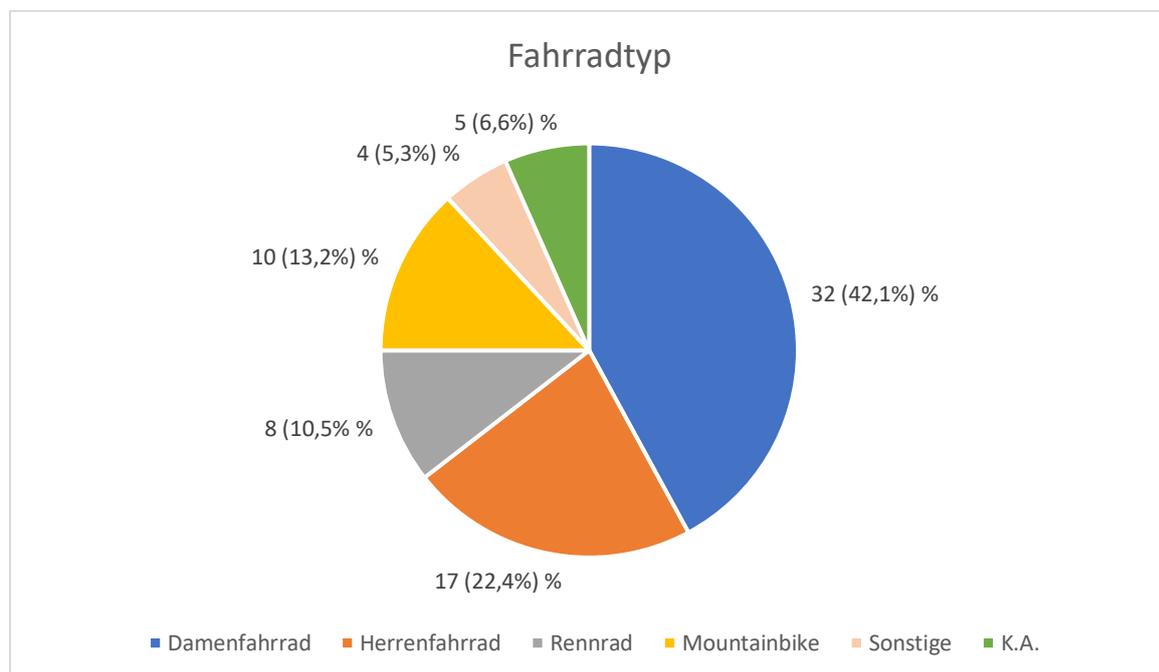


Abbildung 22: Verteilung der Fahrradtypen

3.1.6.7 Technische Sicherheit

3.1.6.7.1 Fahrradbeleuchtung

In 14 Fällen fanden sich Angaben zur Beleuchtungseinrichtung des Fahrrads. Davon war die Angabe jedoch nur in 9 Fällen wirklich relevant, da es sich bei diesen Fällen um Unfälle bei Dunkelheit oder Dämmerung handelte. Von diesen 9 Fällen war in drei Fällen trotz Dunkelheit zum Unfallzeitpunkt keine aktive Beleuchtung am Fahrrad vorhanden. In fünf Fällen war Licht bei Dunkelheit und einmal bei Dämmerung eingeschaltet.

3.1.6.7.2 Bremsvorrichtung des Fahrrades

Zur Bremsvorrichtung des Fahrrades wurde in 9 Fällen eine Angabe gemacht. In 7 Fällen waren die Bremsen voll funktionsfähig, in 2 Fällen jedoch nicht vollständig intakt. Davon war einmal nur eine Bremsvorrichtung am Hinterrad vorhanden und in einem anderen Fall hatte die Vorderradbremse nur eine vergleichsweise geringe Bremswirkung.

3.1.6.7.3 Weitere Angaben zu Radfahrern

In 3 Fällen wurden von den Radfahrern zum Unfallzeitpunkt Kopfhörer getragen. Ein Radfahrer hatte links ein Glasauge, welches dem Lkw beim Abbiegeunfall zugewandt war und damit die Wahrnehmung beeinträchtigt haben könnte.

3.1.6.8 Beeinträchtigungen bei den Unfallgegnern

In 9 Fällen wurde angegeben, dass eine Fahr- und Bremsprobe des Unfallgegnerfahrzeuges am Unfallort ohne Auffälligkeiten war. Weitere Angaben zu Fahr- und Bremsproben waren den ausgewerteten Unterlagen nicht zu entnehmen. Allerdings gab es andere Ursachen für mögliche Beeinträchtigungen der Unfallgegner. In einem Fall beeinträchtigten Wimpel in der Fahrerkabine eines Lkws die Sicht. In einem anderen Fall waren es Minion®-Kuscheltiere auf dem Armaturenbrett des Lkws, welche die Sicht relevant beeinträchtigten (Abb. 23). Zusätzlich war dieser Lkw-Fahrer während des Unfalls durch Handynutzung abgelenkt.



Abbildung 23: Sichtbeeinträchtigung durch Minion®-Kuscheltiere auf dem Armaturenbrett eines Lkws (18)

Bei einer an einem Unfall beteiligten Straßenbahn war „aus Fahrsicherheitsgründen“ der linke Außenspiegel dauerhaft eingeklappt.

Ein Pkw-Fahrer fuhr laut Angabe unter Alkoholeinfluss und es wurden weder Brems-, Blockier- noch ähnlich Spuren gefunden, welche auf eine Reaktion des Pkw-Fahrers schließen lassen hätten können.

In allen anderen Fällen waren den polizeilichen Ermittlungsakten keine Angaben zu verkehrsmedizinisch relevanten Beeinflussungen der Unfallgegner durch Alkohol, Medikamente oder illegale Drogen zu entnehmen. In den meisten Fällen erfolgten zumindest anlassbezogene Atemalkoholmessungen.

3.1.6.9 Helmtrageverhalten

Zum Helmtrageverhalten der verunglückten Radfahrer konnte in 57,9 % der Fälle keine Angabe in den polizeilichen Ermittlungsakten gefunden werden (Abb. 24). Von den übrigen Radfahrern trugen 9 einen Helm. 23 Radfahrer trugen keinen Helm. Betrachtet man nur diese 32 Radfahrer, bei denen Informationen zum Helmtrageverhalten zum Unfallzeitpunkt vorlagen, so trugen davon 71,9 % keinen Helm im Gegensatz zu 28,1 %, welche einen Helm zum Unfallzeitpunkt trugen.

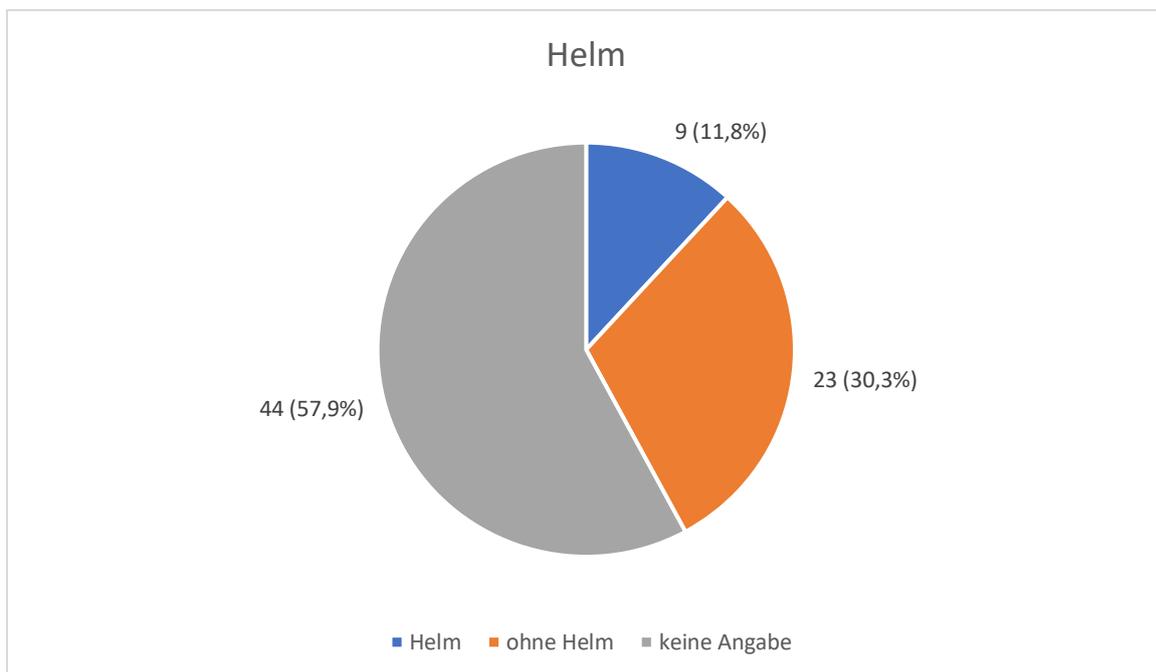


Abbildung 24: Angaben zu Helmtrageverhalten

3.1.6.10 Lichtverhältnisse und meteorologische Bedingungen

Mit 80,3 % ereignete sich die große Mehrheit aller tödlich verlaufenden Fahrradunfälle bei Tageslicht (Abb. 25, S.40). In einem Fall wurde dabei in den polizeilichen Akten dokumentiert, dass die flach stehende Sonne die Sicht des Unfallgegners beeinträchtigt haben könnte.

18,4 % der Unfälle geschahen bei Dunkelheit. In einem von diesen Fällen wurde dokumentiert, dass die Straße unbeleuchtet war.

Ein Fall fand bei Dämmerung statt.

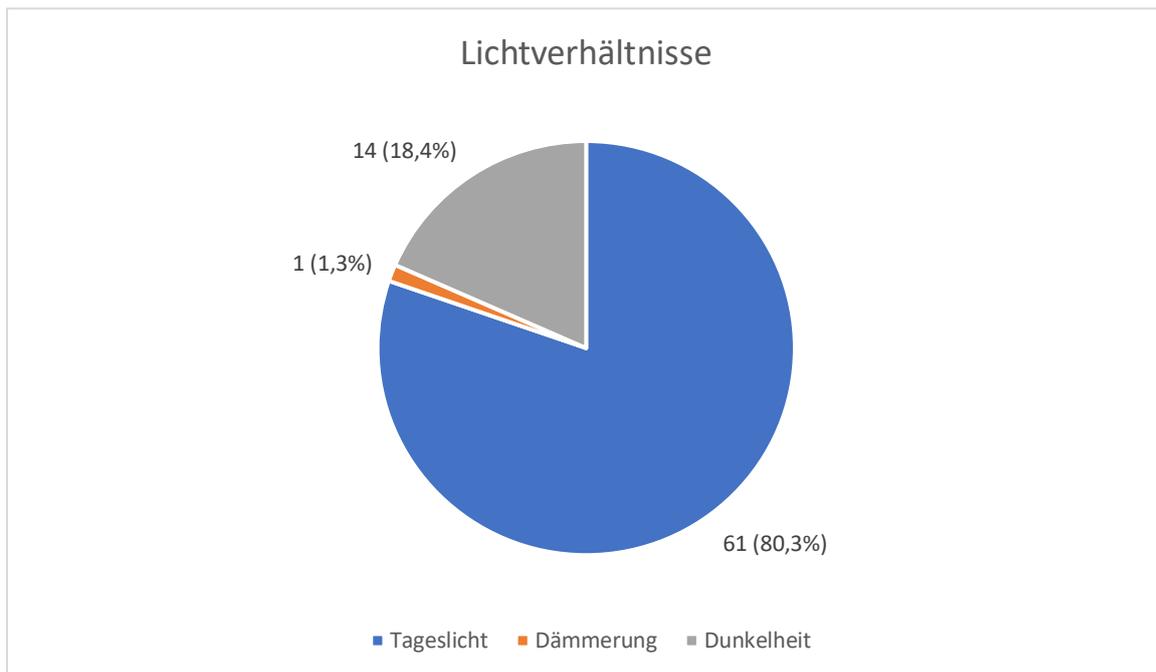


Abbildung 25: Angaben zu Lichtverhältnissen

In 88,2 % der Unfälle war der Bodenzustand trocken und in 10,5 % feucht (Abb. 26). In einem Fall wurde der Straßenzustand als „schlüpfrig“ beschrieben, da die Straße mit Laub bedeckt war.

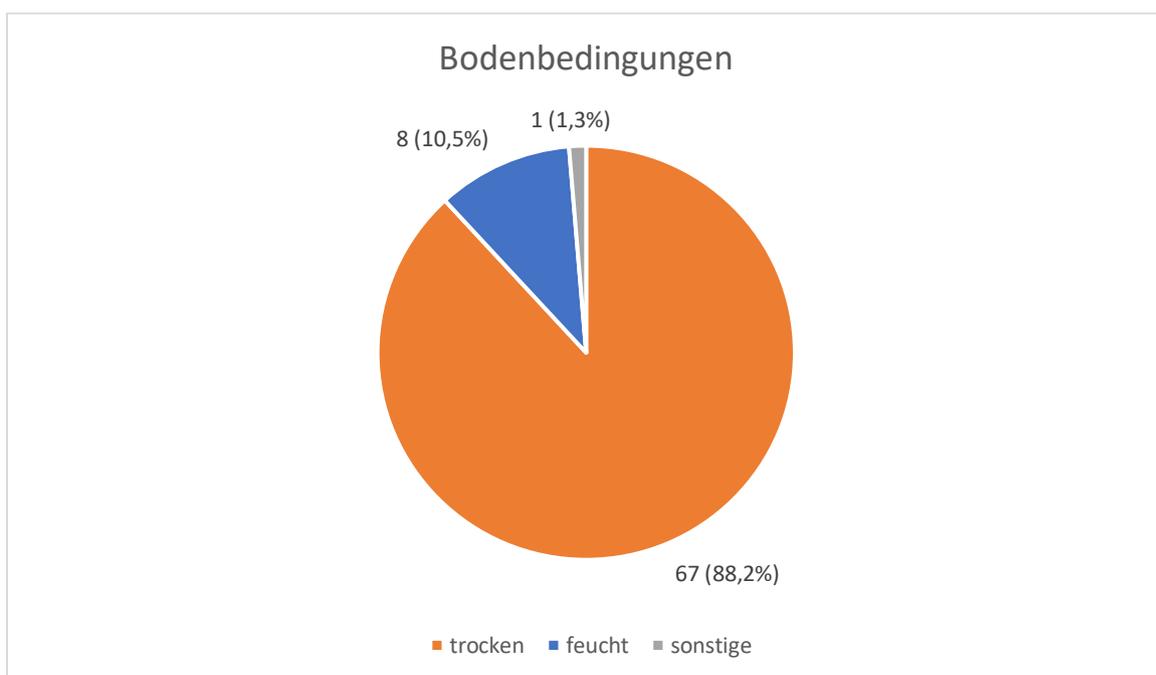


Abbildung 26: Angaben zu Bodenbedingungen

3.1.6.11 Kleidung

In 51 Fällen konnten Angaben zur Kleidung in den polizeilichen Ermittlungsakten oder den rechtsmedizinischen Gutachten gefunden werden. Davon waren die Angaben in 46 Fällen (60 %) hinsichtlich der Erkennbarkeit auswertbar.

Als „nicht gut sichtbar“ wurden schwarze, graue, beige Kleidung und Jeans definiert. „Gut sichtbare“ Kleidung war farbige Kleidung sowie auch Kontraste, wie die Kombination von Schwarz und Weiß, welche sich gut von der Straßenumgebung abheben bzw. durch ihren Kontrast eher wahrgenommen werden. Als „sehr gut sichtbar“ wurde Kleidung definiert, sofern ein Kleidungsstück Leuchtfarben oder Reflektoren aufwies.

In 23 Fällen (30,3 %) war die Kleidung der Radfahrer „nicht gut sichtbar“, in 18 Fällen (23,7 %) „gut sichtbar“ und in fünf Fällen (6,6 %) „sehr gut sichtbar“.

Von den Fällen mit auswertbaren Angaben zur Kleidung waren daher 50 % „nicht gut sichtbar“, 39,1 % „gut sichtbar“ und 10,9 % „sehr gut sichtbar“.

Von den Radfahrern, deren Kleidung als „nicht gut sichtbar“ kategorisiert wurde, verunglückten 6 bei Dunkelheit und 17 bei Tageslicht. Radfahrer mit Kleidung der Kategorie „gut sichtbar“ erlitten in 3 Fällen bei Dunkelheit, in einem Fall bei Dämmerung und in 14 Fällen bei Tageslicht einen tödlichen Unfall. Die Radfahrer (n = 5) mit Kleidung, welche als „sehr gut sichtbar“ eingeordnet wurden, verunglückten alle bei Tageslicht.

3.1.7 Rechtsmedizinische Erkenntnisse

3.1.7.1 Obduktionsergebnisse

3.1.7.1.1 Todesursachen

In 74 von 76 Fällen wurden die tödlich verunglückten Radfahrer obduziert.

Von den 74 obduzierten Radfahrern starben die meisten an einem Polytrauma (n = 40; 54,1 %) (Abb. 27, S. 42). Betrachtet man diese Gruppe, der an einem Polytrauma verstorbenen Radfahrer, in Bezug auf den führenden Verletzungskomplex, so war dies bei etwa der Hälfte (n = 21) ein stumpfes Rumpft trauma, bei 30 % (n = 12) ein schwerstes Schädelhirntrauma bis hin zur Zermalmung des Kopfes und bei 10 % (n = 4) ein Schädelhirntrauma (Abb. 28, S. 43). Zwei weitere verstarben an

Multiorganversagen aufgrund des Polytraumas und einer an einer Halswirbelsäulenverletzung.

Die zweithäufigste Todesursache der obduzierten Radfahrer war ein isoliertes Schädelhirntrauma, welches 29 (39,2 %) von ihnen erlitten (Abb. 27).

Ein Radfahrer verstarb an einer Halswirbelsäulenverletzung.

Vier Radfahrer verstarben an Spätfolgen des Unfalls. Todesursache war in 3 Fällen eine Bronchopneumonie (nach 10, 12 und 20 Tagen) und in einem Fall eine Lungenarterienembolie nach 52 Tagen.

In zwei Fällen wurde seitens der Staatsanwaltschaft keine Obduktion angeordnet. In diesen Fällen war in den polizeilichen Akten jeweils ein isoliertes Schädelhirntrauma als Todesursache angegeben worden.

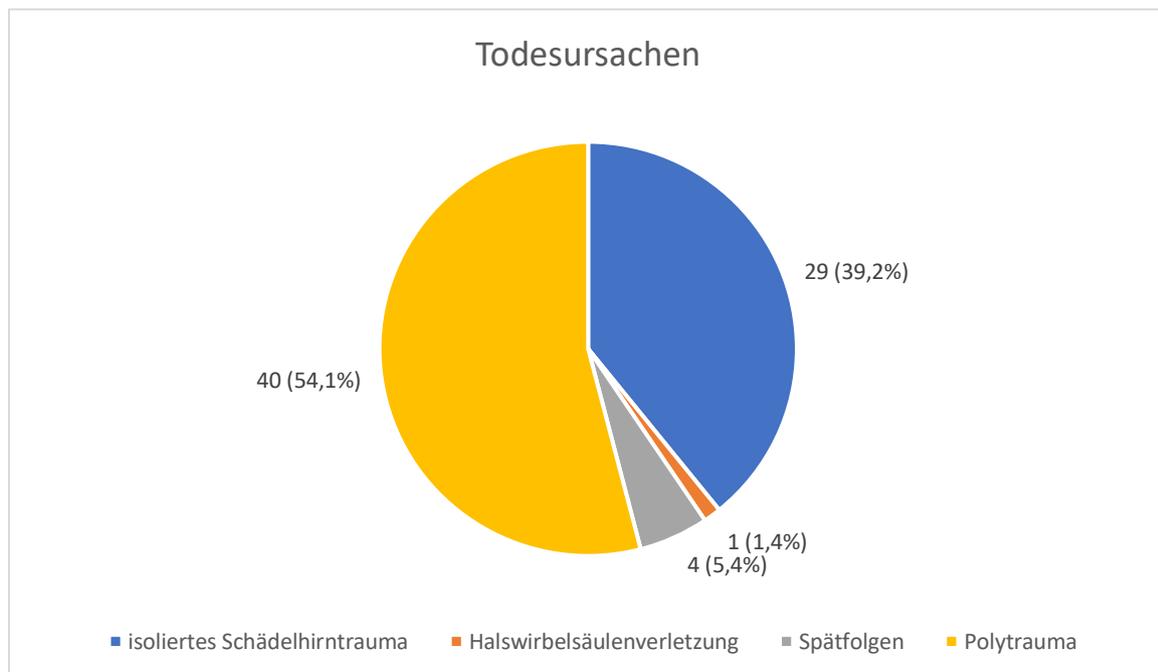


Abbildung 27: Todesursachen tödlicher Fahrradunfälle

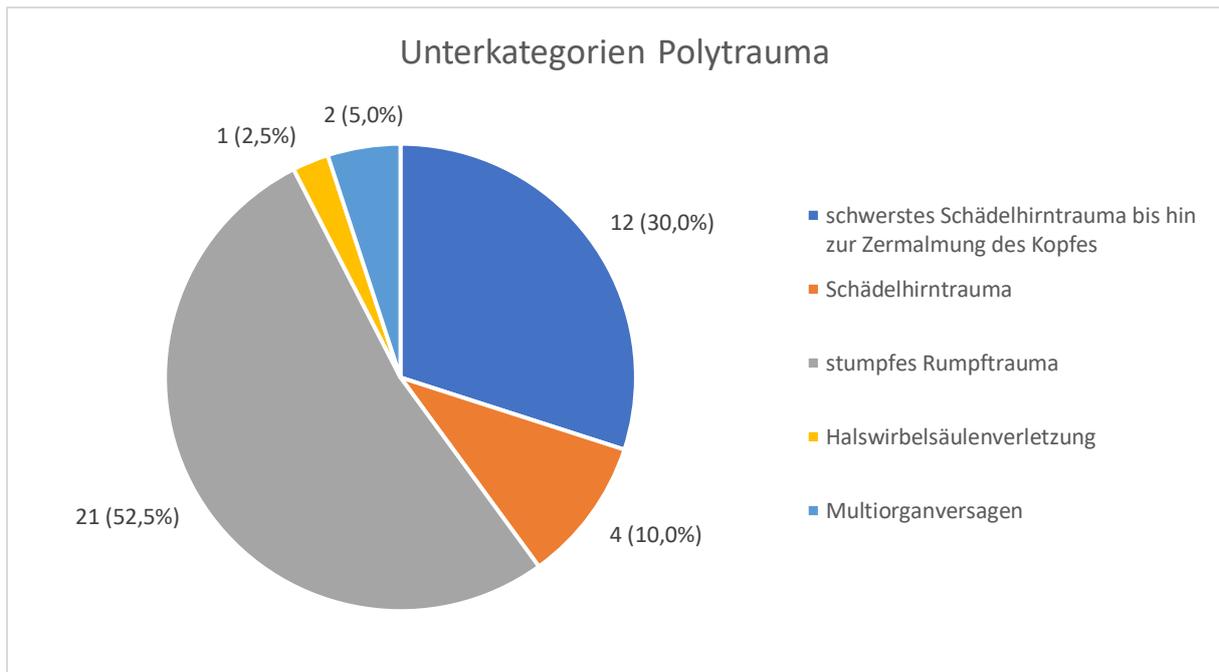


Abbildung 28: Dominante Traumata innerhalb der Gruppe der Polytraumata tödlicher Fahrradunfälle

3.1.7.1.2 Todesursachen bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung

Von den 28 Unfällen mit Pkw-Beteiligung wurden 27 tödlich verunglückte Radfahrer obduziert (Abb. 29). Von diesen 27 tödlich verunglückten Radfahrern starben 63,0 % (n = 17) an einem isolierten Schädelhirntrauma. In 29,6 % (n = 8) war die Todesursache ein Polytrauma. Von den 8 an einem Polytrauma verstorbenen Radfahrern war in 3 Fällen der führende Verletzungskomplex ein Schädelhirntrauma, in weiteren 3 Fällen ein stumpfes Rumpft trauma, in einem Fall eine Halswirbelsäulenverletzung und in einem Fall eine Zermalmung des Kopfes.

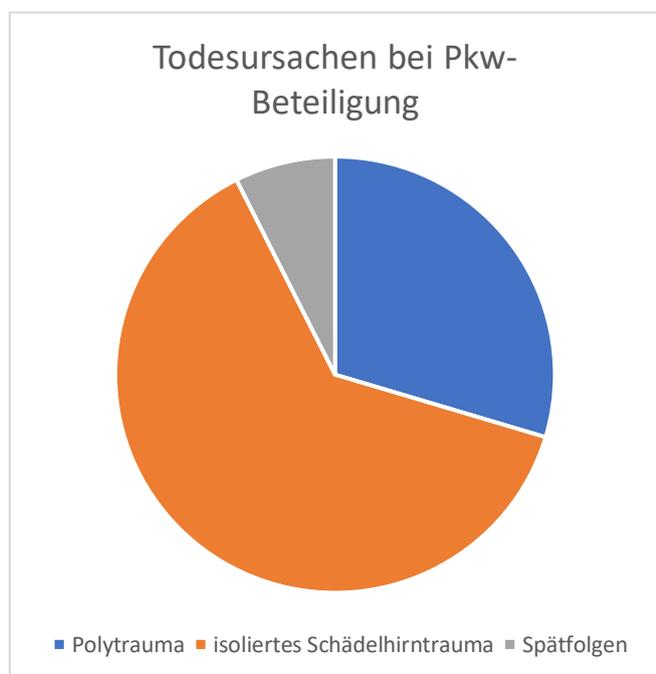


Abbildung 29: Todesursachen bei Pkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle

Bei 2 (7,4 %) der tödlich verlaufenen Unfälle mit Pkw-Beteiligung waren Spätfolgen des Unfalls todesursächlich. Als Todesursache war in diesen Fällen eine Bronchopneumonie (nach 10 Tagen) und eine Lungenarterienembolie (nach 52 Tagen) festgestellt worden.

In einem Fall wurde keine Obduktion durch die Staatsanwaltschaft angeordnet. In diesem Fall war in den polizeilichen Akten ein isoliertes Schädelhirntrauma als Todesursache angegeben worden.

3.1.7.1.3 Todesursachen bei Unfällen mit Lkw-Beteiligung

Von den 31 Unfällen mit Lkw-Beteiligung wurden 30 tödlich verunglückte Radfahrer obduziert (Abb. 30). Von diesen 30 Fällen verstarben 90,0 % (n = 27) der Radfahrer an einem Polytrauma. Bei genauerer Betrachtung der Gruppe der Polytraumata, wiesen 59,3 % (n = 16) der Polytraumata ein stumpfes Rumpft trauma, 29,6 % (n = 8) eine Zermalmung des Kopfes und 3,7 % ein Schädelhirntrauma als führenden Verletzungskomplex auf.

Ein isoliertes Schädelhirntrauma war nur in 6,7 % (n = 2) der mit Lkw-

Beteiligung tödlichen Unfälle mit nachträglicher Obduktion des Verunglückten als Todesursache festgestellt worden. Ein weiterer Fahrradfahrer (3,3 %) verstarb an den Spätfolgen des Unfalles. Bei ihm führte eine Bronchopneumonie 10 Tage nach dem Unfall zum Tode.

In einem Fall wurde keine Obduktion durch die Staatsanwaltschaft angeordnet. In den polizeilichen Akten war in diesem Fall ein isoliertes Schädelhirntrauma als Todesursache angegeben worden.

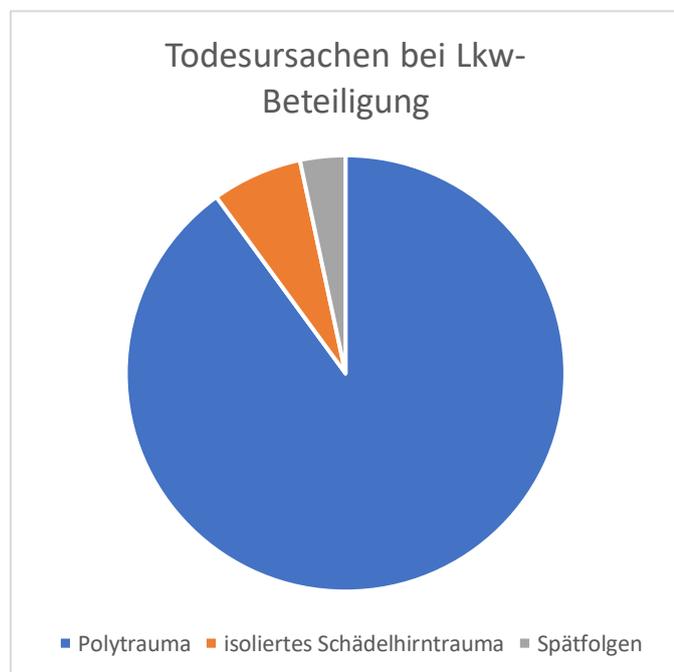


Abbildung 30: Todesursachen bei Lkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle

3.1.7.1.4 Todesursachen bei Unfällen mit sonstigen Verkehrsteilnehmern/Unfallgegnern

Bei Unfällen mit Straßenbahnbeteiligung waren 3 von 5 Radfahrern an einem Polytrauma verstorben. Bei ihnen war in zwei Fällen ein schwerstes Schädelhirntrauma bis hin zur Zermalmung des Kopfes und in einem Fall ein stumpfes Rumpft trauma der führende Verletzungskomplex. In 2 der tödlichen Unfälle mit Straßenbahnbeteiligung war die Todesursache ein isoliertes Schädelhirntrauma.

Bei Unfällen, in denen der Unfallgegner ebenfalls ein Radfahrer war, kam es in allen 4 Fällen zu einem isolierten Schädelhirntrauma als Todesursache.

Bei Unfällen mit Bus-Beteiligung handelte es sich in einem Fall um ein isoliertes Schädelhirntrauma und in einem Fall um ein Polytrauma mit Zermalmung des Kopfes. Bei einem Unfall mit einem Radlader war der Radfahrer an einem stumpfen Rumpft trauma bei Polytrauma verstorben.

In einem Fall war ein Kite-Skateboarder am Unfall beteiligt. Hierbei starb der Radfahrer an einem isolierten Schädelhirntrauma.

Bei einem Unfall mit einem Fußgänger starb der Radfahrer an einem Halswirbelbruch mit Quetschung des Rückenmarks.

Bei 2 Fällen handelte es sich um Alleinunfälle ohne Fremdbeteiligung. Ein Radfahrer verstarb an einem isolierten Schädelhirntrauma, ein Zweiter an einer Bronchopneumonie (nach 20 Tagen) als Spätfolge des Unfalls.

In einem Fall war die mögliche Beteiligung eines Unfallgegners unklar. Der Radfahrer war in diesem Fall an einem isolierten Schädelhirntrauma verstorben.

3.1.7.2 Ergänzende Verfahren

3.1.7.2.1 Computertomographie

Komplementär zur Obduktion wurde in 70 Fällen vor der Obduktion eine postmortale Computertomographie (pmMSCT: postmortem multislice computed tomography) in der Rechtsmedizin durchgeführt. In einem weiteren Fall lagen die Ergebnisse eines im Krankenhaus durchgeführten cCTs vor (craniale Computertomographie).

In 22 Fällen ergaben die durchgeführten CTs zur Obduktion ergänzende Befunde. Diese konnten drei Kategorien zugeordnet werden (Abb. 31, S. 47):

- Brüche in Bereichen, welche i.d.R. nicht ausführlich seziiert werden (n = 16)
- Lufteinschlüsse (n = 10)
- Hirngewebsschäden (n = 2)

Bei den in der CT zusätzlich gefunden Brüchen (n = 16) handelte es sich um 7 Brüchen im Bereich der Wirbelsäule, 5 Brüchen im Gesichtsschädelbereich, zwei Felsenbeinbrüche, einen Wadenbeinköpfchenbruch und einen Schlüsselbeinbruch.

Von den 9 festgestellten Lufteinschlüssen handelte es sich um 5 Luftembolien (diese waren in 4 Fällen im Herzen und einmal in den Lebergefäßen angesiedelt), zweimal um Lufteinschlüsse im Schädel, zweimal um Gaseinlagerungen in der Haut durch Décollements (Ablederung mit ausgeprägter Wundtaschenbildung) und einmal um einen Pneumothorax, welcher in der Obduktion nicht detektiert wurde, da der Lungenflügel einem hämorrhagischen Erguss aufschwamm.

In einem Fall ergaben sich durch die CT zur Obduktion zusätzliche Informationen über eventuelle Hirngewebsschäden. Es handelte sich um eine Inhomogenität der Dichtewerte des nativen pmMSCTs im linken Hirnstammkerngebiet in Asymmetrie zur Gegenseite.

-Brüche 16x

- Gesichtsbereich 5x
- Felsenbein 2x
- Wirbelsäule 7x
- Wadenbeinköpfchen 1x
- Schlüsselbein 1x

-Lufteinschlüsse 10x

- Luftembolien 5x
 - im Herzen 4x
 - in Lebergefäßen 1x
- Schädel 2x
- Pneumothorax 1x
- Gaseinlagerungen Haut 2x

-Hirngewebsschäden: 1x

- Inhomogenität im linken Stammkerngebiet

Abbildung 31: Zur Obduktion ergänzende Befunde durch die Computertomographie

3.1.7.2.2 Chemisch-toxikologische Ergebnisse

Chemisch-toxikologische Untersuchungen wurden in 60 Fällen im Anschluss an die Obduktionen durchgeführt. In den übrigen 16 Fällen war der Zeitraum zwischen Unfall und Versterben der Radfahrer zu groß, um eine aussagekräftige chemisch-toxikologische Untersuchung durchführen zu können und es lagen auch alternativ keine toxikologischen Untersuchungsergebnisse der behandelnden Kliniken vor.

In 36 Fällen fanden sich keine Hinweise auf eine Beeinflussung der Verunfallten durch Alkohol, Drogen oder Medikamente.

In zwei Fällen wurden im Rahmen der chemisch-toxikologischen Untersuchungen Medikamentenwirkstoffe ohne verkehrsmedizinisch relevanten Einfluss auf das Reaktionsvermögen nachgewiesen.

Medikamente, welche wahrscheinlich im Rahmen der notfallmedizinischen Versorgung gegeben wurden, daher zum Zeitpunkt des Unfalles noch nicht im Blut waren und somit das Reaktionsvermögen zum Unfallzeitpunkt nicht beeinträchtigt haben konnten, wurden in 6 Fällen nachgewiesen. Hierbei handelte es sich um die in der Notfallmedizin typischerweise eingesetzten Medikamente Lidocain, Midazolam, Ketamin, Thiopental, Fentanyl, Amiodaron und Atropin.

Betrachtet man die Radfahrer, welche zum Unfallzeitpunkt keine nachweisbare Beeinträchtigung des Reaktionsvermögens hatten, so sind das insgesamt 44 (73,3 %) Radfahrer von den 60 chemisch-toxikologisch getesteten Radfahrern.

In Tabelle 5 sind alle Fälle aufgeführt, in denen verkehrsmedizinisch relevante Substanzen eingenommen wurden und in Tabelle 6 (S. 50) weitere auffällige Substanzen, welche einen möglichen Einfluss auf den Unfallher- und -ausgang gehabt haben können.

Tabelle 5: Substanzen/Wirkstoffe, die zum Unfallzeitpunkt einen Einfluss auf das Reaktionsvermögen gehabt haben könnten

Sektionsnummer	Substanzen	Untersuchungsmatrix	Konzentration	Verkehrsmedizinische Relevanz
V2301/15	Ethanol	Schenkelvenenblut Hämatomblut Urin	2,6 g/kg 2,7 g/kg 3,3 g/kg	ja
418/15	Ethanol	Venenblut	0,73 g/kg	möglich
807/16	Ethanol	Muskelgewebe	0,26 g/kg	unwahrscheinlich
549/13	Ethanol	Venenblut	< 0,20 g/kg	nein
446/15	Ethanol	Venenblut Urin	1,32 g/kg 1,94 g/kg	ja
941/16	Ethanol	Muskelgewebe	0,81 g/kg	ja
470/14	MDMA	Venenblut	75 ng/ml	ja
127/11 (Landesinstitut)	THC	Herzblut Urin	1,5 ng/ml 3,5 ng/ml 0,3 ng/ml	ja

	11-Hydroxy- THC THC-COOH	Herzblut Urin Herzblut Urin	10 ng/ml 30 ng/ml ca. 100 ng/ml	
58/14	Amitriptylin, Maprotilin Bisoprolol	Venenblut	0,090 µg/ml 0,086 µg/ml qualitativ	möglich (abhängig von der Einnahmedauer)
917/12	Citalopram Moxifloxacin	Hämatomblut Mageninhalt Hämatomblut Mageninhalt	0,18 µg/ml 0,44 µg/ml 0,37 µg/ml 5,02 µg/ml	möglich (abhängig von der Einnahmedauer)
241/14	Carbamazepin Carbamazepin -epoxid	Venenblut Mageninhalt Venenblut	5,31 µg/ml 2,1 µg/ml 0,98 µg/ml	möglich (abhängig von der Einnahmedauer)
960/15	Zolpidem	Venenblut	1,6 ng/ml	unwahrscheinlich (subtherapeutisch)
626/16	Codein Dihydrocodein	Lebergewebe Mageninhalt Mageninhalt	0,01 ng/mg 12,20 ng/ml 3,91 ng/ml	unwahrscheinlich
531/13	Metoprolol	Venenblut	0,31 µg/ml	möglich (abhängig von der Einnahmedauer)

Tabelle 6: Sonstige Fälle mit möglichem Einfluss auf den Unfallher- und -ausgang

Sektionsnummer	Substanzen	Untersuchungsmatrix	Konzentration	Art des Einflusses
521/13	Methanol	Venenblut	41,2 mg/kg	Vermindertes Reaktionsvermögen
849/13	Aceton	Venenblut Hämatomblut	18 mg/kg 92 mg/kg	Vermindertes Reaktionsvermögen
203/16	Phenprocoumon	Hämatomblut	0,05 µg/ml	Mögliche Forcierung des traumatisch bedingten Blutverlustes

3.1.7.2.3 Histologie

Histopathologische Untersuchungen wurden nur in 7 Fällen im Anschluss an die Obduktion zur Klärung des Kausalzusammenhanges zwischen Unfall und Tod durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Tabelle 7 (S. 51) aufgeführt.

Tabelle 7: Ergebnisse der histologischen Untersuchungen

Sektionsnummer	Überlebensdauer	Ergebnisse
298/11	1 Tag	-Hirnödem mit Zeichen globaler hypoxisch-ischämischer Encephalopathie sowie Hirnstammkompression mit Duret-Verschiebeblutung -diffuse axonale Schädigung im Sinne eines Zerreißens von Nervenfasern (traumatische Ursache)
516/11	15 Tage	-globales Hirnödem mit Herniation -keine Pneumonie -Knochenmarksembolie der Lunge bei Rippenbrüchen -schwere Kontusion des Herzens durch Reanimationsmaßnahmen
837/11	50 min	-zusätzlich zum Schädelhirntrauma und Pneumothorax eine todeswürdige akute Lungenfettembolie
367/13	5 Tage	-Meningitis mit beginnender Encephalitis als Unfallursache durch Bewusstseinsverlust -im Halsmark akute Schädigung mit flächenhaften Gewebsuntergängen und frischen Einblutungen (entsprechend Halsmarkquetschung infolge Densfraktur)
342/14	10 Tage	-Bronchopneumonie todesursächlich -Blutungen und Nervenfaserverletzungen im Hirnstamm todeswürdig
559/14	1 Tag	-Hirnblutung traumatischer Genese -Ausschluss hochdruckbedingter Blutung, zerebraler Amyloidangiopathie, Gefäßmalformationen
203/16	2 Tage	-Duret-Verschiebeblutungen

3.2 Abbiegeunfälle

3.2.1 Unfallgegner bei Abbiegeunfällen

Von 76 Fällen handelte es sich bei 34 Fällen (44,7 %) um Abbiegeunfälle. Davon starben ca. 2/3 (n = 23) der Radfahrer durch einen Unfall mit einem Lkw, knapp 1/3 (n = 10) durch einen Unfall mit einem Pkw und ein Radfahrer durch einen Unfall mit einem Radlader (Abb. 32).

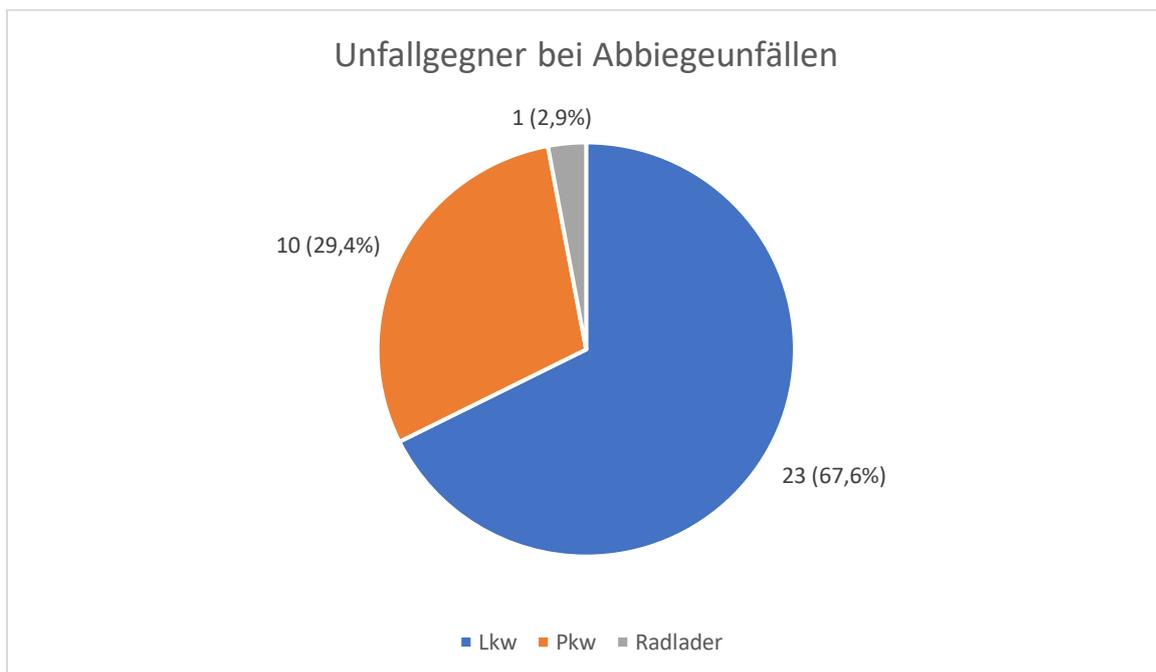


Abbildung 32: Unfallgegner bei Abbiegeunfällen tödlicher Fahrradunfälle

3.2.2 Abbiegerichtung der Unfallgegner

Bei allen tödlich verlaufenen Abbiegeunfällen zwischen Lkws und Radfahrern bog jeder der Lkws nach rechts ab.

Bei den Unfällen zwischen Pkw und Radfahrer bogen die Pkws in 7 Fällen nach links ab.

In den anderen 3 Fällen fuhr der jeweils beteiligte Pkw geradeaus und der Radfahrer bog nach links ab. In zwei dieser Fälle kam der Pkw aus der Gegenrichtung und in einem Fall aus gleicher Richtung wie der Radfahrer.

Bei dem einen Abbiegeunfall zwischen Radlader und Radfahrer bog der Radlader links ab und der Radfahrer fuhr aus entgegenkommender Richtung auf dem Radweg geradeaus.

3.2.3 Todesursachen und Überrollung bei Abbiegeunfällen

3.2.3.1 Lkw

Bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung kamen fast nur Polytraumata als Todesursache vor (Abb. 33). Der Kategorie der Polytraumata wurden 22 von 23 Fällen zugeordnet. Nur eine Radfahrerin verstarb bei einem Abbiegeunfall mit Lkw an einem isolierten Schädelhirntrauma. Dieser Fall hebt sich allerdings auch durch den Unfallmechanismus von den anderen hier untersuchten Lkw-Abbiegeunfällen ab, denn die Radfahrerin wurde von der linken vorderen Ecke des Sattelauflegers am rechten Hinterhaupt erfasst als sie, von der Fußgängerinsel aus der Gegenrichtung kommend, vermutlich versucht hat, dem abbiegenden Lkw auszuweichen.

Die Polytraumata entstanden nahezu alle durch Überrollen. In zwei Fällen erfolgte ein Anrollen der Person. Todesursächlich überwogen dabei die Polytraumata mit stumpfem Rumpfrauma (n = 12) und die Polytraumata mit schwersten Schädelhirntraumata bis hin zur Zermalmung des Kopfes (n = 8). Ein Radfahrer verstarb an Multiorganversagen bei Polytrauma und ein anderer an einem Schädelhirntrauma bei Polytrauma.

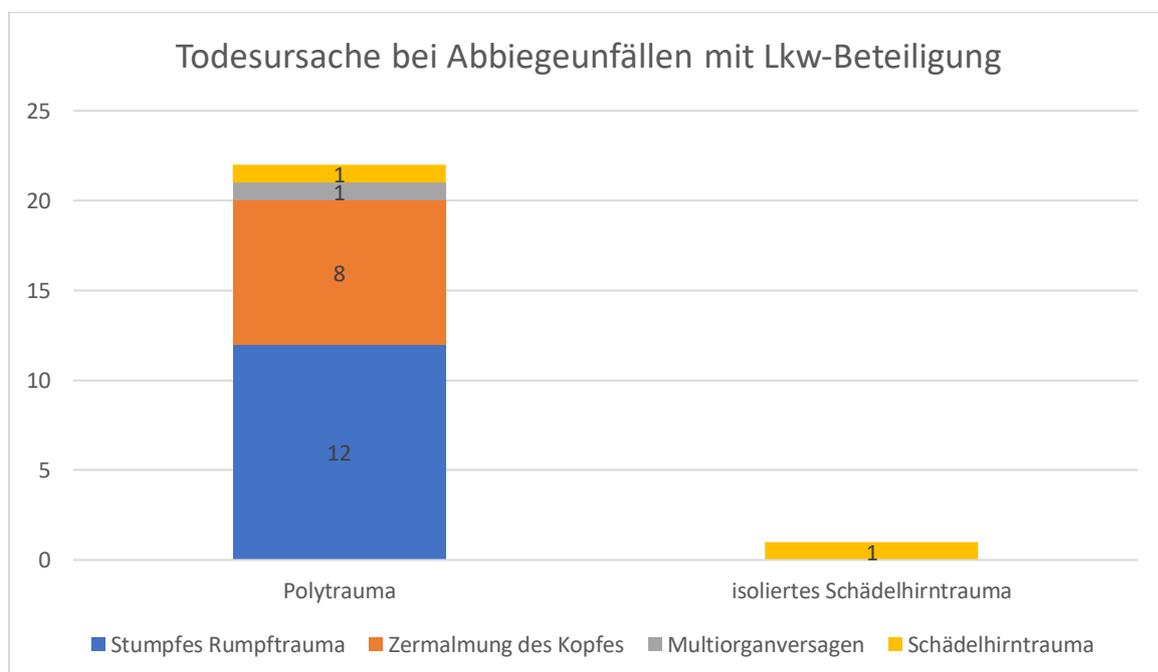


Abbildung 33: Todesursachen bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle

3.2.3.2 Pkw

Bei den 10 Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung verstarben die meisten Radfahrer an einem isolierten Schädelhirntrauma (n = 7), 2 Radfahrer verstarben an einem stumpfen Rumpfrauma bei Polytrauma und einer an einer Bronchopneumonie bei isoliertem Schädelhirntrauma (Abb. 34).

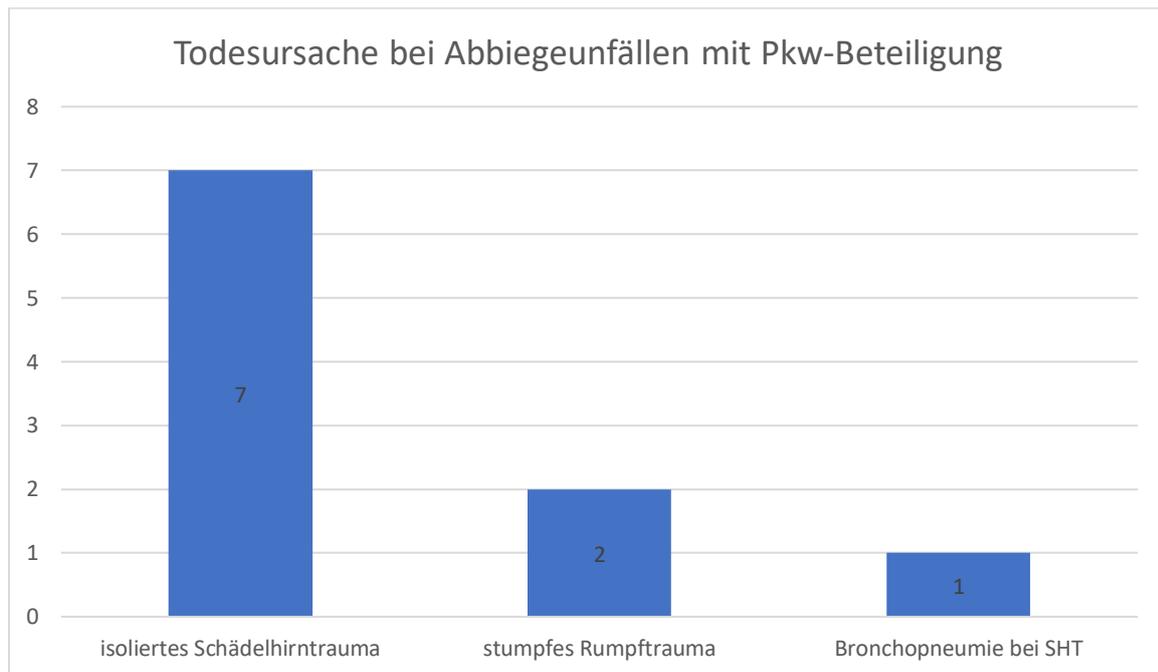


Abbildung 34: Todesursache bei Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung tödlicher Fahrradunfälle

Auffällig ist hier die Abbiegerichtung des Unfallgegners in Korrelation mit der Todesursache. Die isolierten Schädelhirntraumata entstanden bei Abbiegeunfällen, bei denen der Pkw links abbog und der Radfahrer aus der Gegenrichtung vom Rad- oder Fußweg kam, die stumpfen Rumpfraumata bei Polytrauma bei Unfällen, in denen der Radfahrer links abbog und der Pkw aus entgegengesetzter Richtung geradeaus fuhr. Der Radfahrer, der an einer Bronchopneumonie bei isoliertem Schädelhirntrauma verstarb, war ebenfalls links abgebogen, während der Pkw aus gleicher Richtung und hinter ihm kommend geradeaus fuhr.

Bei den Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung kam es nur in einem Fall zu einer Überrollung. Diese war aber nicht todesursächlich und konnte rechtsmedizinisch auch nicht zweifelsfrei nachvollzogen werden. Der Unfallsachverständige konnte durch Spuren am Pkw in Übereinstimmung mit Zeugenberichten eine Überrollung aber

bestätigen. In diesem Fall war das isolierte Schädelhirntrauma durch Anprall und Sturz todesursächlich.

3.2.3.3 Sonstige

Der Radfahrer, der in den Unfall mit Radlader verwickelt war, wurde im Verlauf des Abbiegeunfalles überrollt und verstarb an einem stumpfen Rumpfrauma bei Polytrauma.

3.2.4 Erweiterte Unfalltypen bei Abbiegeunfällen

3.2.4.1 Lkw

Bei knapp 3/4 (17 von 23) der Abbiegeunfälle mit Lkw-Beteiligung handelte es sich um den erweiterten Unfalltyp „243-AB Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung“ (Tab. 8, S.57; Abb. 35).

Weitere 3 erweiterte Unfalltypen wurden jeweils nur einmal beobachtet. Hierbei war einmal ein Radfahrer auf der Straße geradeaus und aus gleicher Richtung wie der abbiegende Lkw unterwegs (232-AB), ein anderes Mal kam der Radfahrer vom Radweg, aber aus der Gegenrichtung (244-AB) und in einem weiteren Fall bogen Lkw und Radfahrer beide nach rechts ab (252-AB).

In 3 Fällen konnte das Unfallszenario keinem präzise definierten Unfalltypen zugeordnet werden und wurde daher als „299-AB Sonstiger Abbiegeunfall“ eingeordnet. In zwei dieser Situationen kamen die Radfahrer aus der Gegenrichtung vom Fußweg, in einem Fall aus gleicher Richtung vom Fußweg.

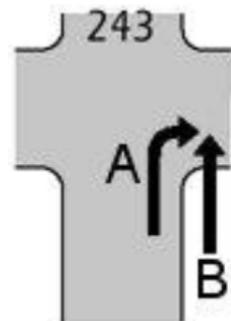


Abbildung 35:
Unfalltyp „243-AB“

Tabelle 8: Dreistellige Unfalltypen der Rechtsabbiegeunfälle

Code	Erläuterung	Anzahl
232-AB	Rechtsabbieger und Nachfolgender nebeneinander	1
243-AB	Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung	17
244-AB	Rechtsabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung	1
252-AB	zwei Rechtsabbieger	1
299-AB	Sonstiger Abbiegeunfall	3

3.2.4.2 Pkw

Bei den Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung war der häufigste Unfalltyp „224-AB Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung“ (Tab. 9; Abb. 36). Dieser fand in 4 von 10 Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung statt.

Zweimal kam es zum Unfalltyp „211-AB Linksabbieger und Gegenverkehr geradeaus“. In diesen Fällen bogen die Radfahrer links ab und die Pkws fuhren geradeaus.

Einmal kam es zum Unfalltyp „201-AB Linksabbieger und Nachfolgender hintereinander“. Hier wollte der Radfahrer wahrscheinlich unvermittelt nach links in einen Waldweg abbiegen und wurde vom nachfolgenden, gerade überholenden Pkw angefahren.

In einem anderen Fall kam es zum Unfalltyp „283-AB Linksabbieger mit Pfeillichtzeichen und Radfahrer auf Radweg“. In diesem Fall war die Ampel ausgefallen und die Kreuzung durch Polizisten geregelt worden.

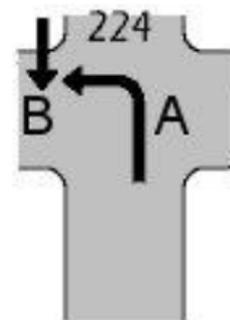


Abbildung 36:
Unfalltyp „224-AB“

Tabelle 9: Dreistellige Unfalltypen der Linksabbiegeunfälle

Code	Erläuterung	Anzahl
201-AB	Linksabbieger und Nachfolgender hintereinander	1
211-AB	Linksabbieger und Gegenverkehr geradeaus	2
224-AB	Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung	4
283-AB	Linksabbieger mit Pfeillichtzeichen und Radfahrer auf Radweg	1
299-AB	Sonstiger Abbiegeunfall	2

3.2.4.3. Sonstige

Bei dem Abbiegeunfall mit Radlader-Beteiligung kam es zum Unfalltyp „224-AB Linksabbieger und Radfahrer Radweg Gegenrichtung“.

3.3 Verletzungsmuster

Zur Wahrung der Übersichtlichkeit finden sich alle ungekürzten Ergebnisse der Auswertung der Verletzungsmuster in tabellarischer Form am Ende dieses Kapitels „3.3 Verletzungsmuster“ unter dem Punkt „3.3.6 Tabellen Verletzungsmuster“ (S. 79 ff).

3.3.1 Verletzungsmuster nach Unfallgegnern

3.3.1.1 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Pkw

Bei den tödlichen Unfällen mit Pkw-Beteiligung (n = 28) (Abb. 37; Tab.11, S. 79) überwiegen Verletzungen der linken Körperhälfte.

Das Gehirn war in 27 von 28 Fällen (96,4 %) betroffen. Linke und rechte Gehirnhälfte waren in diesen Fällen stets zeitgleich verletzt. Verletzungen des Hirnschädels betrafen in 75,0 % (n = 21) den linksseitigen Hirnschädel und in 42,9 % (n = 12) den rechtsseitigen Hirnschädel. Die Kopfhaut war in etwa der Hälfte aller Fälle verletzt. Auf der rechten Kopfhälfte betraf das 50 % der Fälle (n = 14) und auf der linken Kopfhälfte 57,1 % (n = 16).

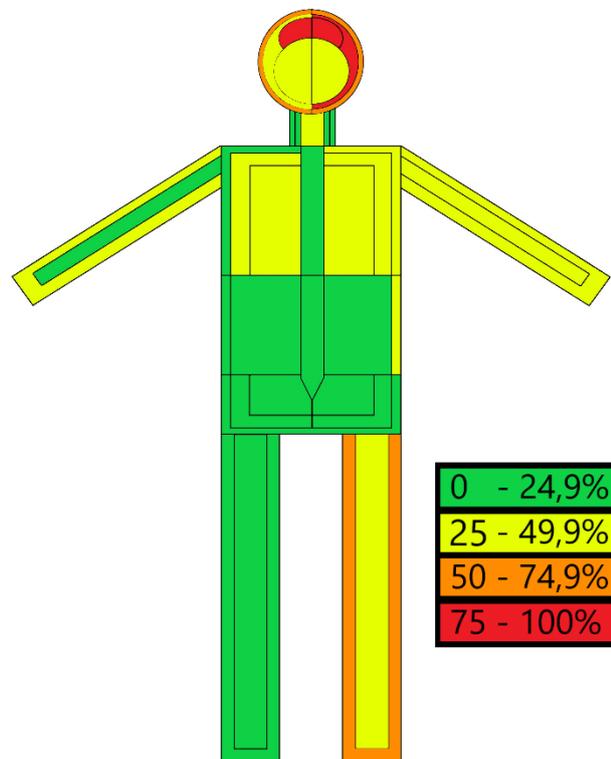


Abbildung 37: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Pkw-Beteiligung (n = 28)

Der Gesichtsschädel wurde rechts und links in jeweils ungefähr einem Drittel der Fälle mit Pkw-Beteiligung verletzt (35,7 %; n = 10).

Die Halswirbelsäule war in einem Viertel der Fälle betroffen (25,0 %; n = 7). Die Organe und der rechte Weichteilmantel des Halses wurden in 7,1 % (n = 2) der Fälle verletzt. Links wurde der Weichteilmantel des Halses nicht verletzt.

Die Brustwirbelsäule war in 7,1 % (n = 2) und die Lendenwirbelsäule in 17,9 % (n = 5) der Fälle betroffen.

Linksseitig wurden Organe, Skelett und Weichteilmantel des Thorax in jeweils 42,9 % der Fälle (n = 12) verletzt. In der rechten Thoraxhälfte waren die Organe in 35,7 % (n = 10), das Skelett in 28,6 % (n = 8) und der Weichteilmantel in 21,4 % (n = 6) der Fälle betroffen. Die Bauchorgane wurden rechts in 17,9 % (n = 5), links in 21,4 % (n = 6) und der Weichteilmantel rechts in 14,3 % (n = 4) und links in 28,6 % (n = 8) der Fälle verletzt. Das Skelett des Beckens war rechts in 21,4 % (n = 6) und links in 14,3 % (n = 4) betroffen. Der Weichteilmantel des Beckens rechts sowie die Organe auf beiden Seiten des Beckens wurden jeweils in 3,6 % (n = 1) verletzt. Der Weichteilmantel des Beckens links wurde in 10,7 % (n = 3) verletzt.

Der Weichteilmantel der linken oberen Extremität wurde in 46,4% (n = 13) und der Weichteilmantel der linken unteren Extremität in 67,9 % (n = 19) verletzt. Das Skelett der linken oberen Extremität war in 35,7 % (n = 10) und das Skelett der linken unteren Extremität in 32,1 % (n = 9) betroffen.

Der Weichteilmantel der rechten oberen Extremitäten wurde in 25 % (n = 7) und der Weichteilmantel der rechten unteren Extremität in 16,7 % (n = 17) verletzt.

Das Skelett der rechten oberen Extremität war in 10,7 % (n = 3) und das Skelett der rechten unteren Extremität in 14,3 (n = 4) betroffen.

3.3.1.2 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Lkw, Bus und Radlader

Bei den 34 tödlichen Unfällen mit schweren Kraftfahrzeugen (Abb. 38; Tab: 12, S. 80), wie Lkws, Busse oder Radlader, wurden am häufigsten die Organe und das Skelett der linken Thoraxhälfte mit jeweils 82,4 % verletzt (n = 28). In über zwei Drittel der Fälle wurde auch die rechte Thoraxhälfte verletzt. Die Organe der rechten Thoraxhälfte waren in 67,7 % (n = 23) und das Skelett in 73,5 % (n = 25) betroffen. Der Weichteilmantel des Thorax wies links in 70,6 % (n = 24) und rechts in 55,9 % (n = 19) Verletzungen auf.

Die Bauchorgane waren rechts in 47,1 % (n = 16) und links in 44,1 % (n =

15) betroffen. Der Weichteilmantel des Abdomens wurde mit rechts 50 % (n = 17) und links 55,9 % (n = 19) etwas häufiger verletzt.

Das Gehirn war rechts in 50 % (n = 17) und links in 52,9 % (n = 18) verletzt. Die Zahlen zu Verletzungen des Gesichts- und Hirnschädels bewegten sich zwischen 35,3 % und 44,1 % (n = 12-15). Die Kopfhaut wies linksseitig in 61,8 % (n = 21) und rechtsseitig in 27,1 % (n = 16) Verletzungen auf.

Der Weichteilmantel der Extremitäten war in zwischen 52,9 % (n = 18) und 64,7 % (n = 22), das Skelett der Extremitäten in zwischen 26,5 % (n = 9) und 38,2 % (n = 13) der Fälle betroffen.

Die Organe des Beckens wurden in 17,7 % (n = 6) verletzt. Der knöcherne Teil des Beckens wies rechts in 50 % (n = 17) und links in 58,8 % (n = 20) Verletzungen auf. Die Halswirbelsäule wurde in 29,4 % (n = 10), die Brustwirbelsäule in 58,8 % (n = 20) und die Lendenwirbelsäule in 26,5 % (n = 9) verletzt.

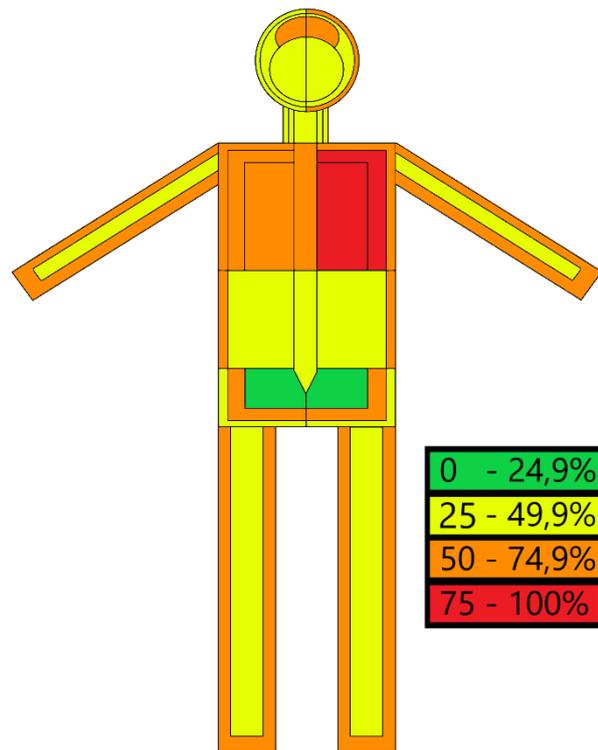


Abbildung 38: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Lkw-, Bus- und Radlader-Beteiligung (n = 34)

3.3.1.3 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Straßenbahnen

Bei den 5 tödlichen Unfällen von Radfahrern mit Straßenbahnen (Abb. 39; Tab. 13, S. 81) waren Gehirn und Hirnschädel beidseits in 80 % (n = 4) betroffen. Die linke Kopfhaut war dabei in 100 % (n = 5) verletzt worden. Die rechte Kopfhaut und der Gesichtsschädel wiesen in 40 % (n = 2) Verletzungen auf.

Linksseitig waren das Skelett des Thorax sowie der Weichteilmantel des Thorax und des Abdomens in 80 % (n = 4) verletzt. Rechtsseitig war das Skelett des Thorax hingegen in 40 % (n = 2), der Weichteilmantel des Thorax und des Abdomens in 60 % (n = 3) betroffen.

Die Organe des Thorax waren beidseitig und die des Abdomens linksseitig in 60 % (n = 3) verletzt.

Linksseitig waren Skelett und der Weichteilmantel des Beckens in 60 % (n = 3) verletzt. Der Rest des Beckens wies in 40 % (n = 2) Verletzungen auf. Der Weichteilmantel der Extremitäten war in jeweils 60 % (n = 3) betroffen. Knöchern war die linke obere Extremität in 60 % (n = 3) und die anderen Extremitäten in 40 % (n = 2) verletzt.

HWS und LWS waren nicht verletzt worden und die BWS in 20 % (n = 1).

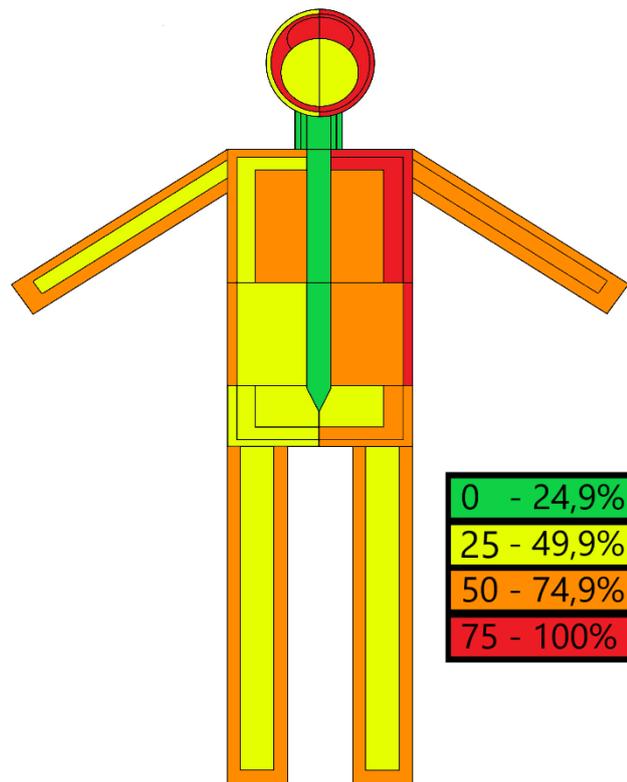


Abbildung 39: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Straßenbahn-Beteiligung (n = 5)

3.3.1.4 Verletzungsmuster bei Unfällen mit anderen Fahrradfahrern

Von den 4 tödlich verunglückten Fahrradfahrern, die einen Unfall mit anderen Fahrradfahrern hatten (Abb. 40; Tab. 14, S. 82), wiesen 4 Verletzungen der rechten und linken Hirnhälften auf. Hirnschädel und Kopfhaut waren rechtsseitig in 3 und linksseitig in 2 Fällen betroffen. Der Gesichtsschädel war beidseitig in einem Fall verletzt.

Der Hals war in keinem Fall betroffen. Das Thoraxskelett war rechts in 2 und links in einem Fall verletzt. Die Thoraxorgane waren in keinem Fall betroffen. Abdomen und Becken waren in ihrer Gesamtheit in allen Fällen unversehrt geblieben, genauso wie die Knochen der Extremitäten. Der

Weichteilmantel des linken Armes war in 3 Fällen, die der anderen Extremitäten in einem Fall betroffen.

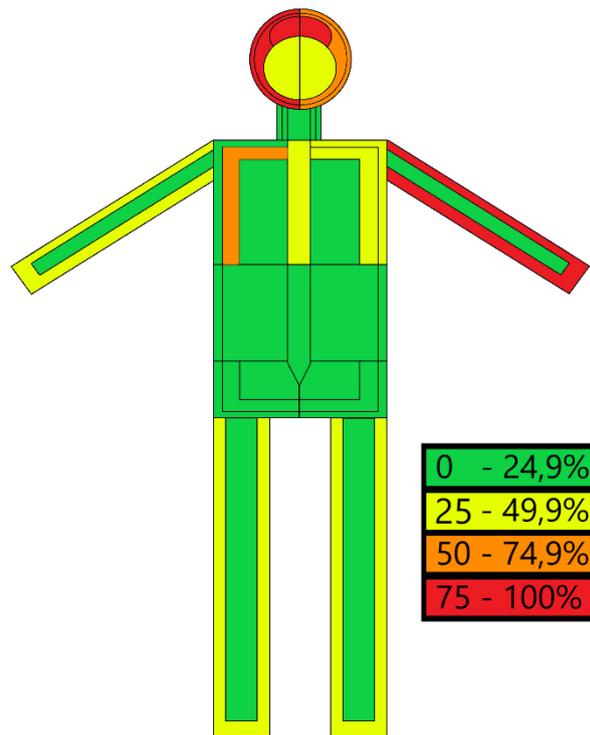


Abbildung 40: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit anderen Fahrradfahrern (n = 4)

3.3.2 Verletzungsmuster nach Unfallphasen

3.3.2.1 Verletzungsmuster bei Unfällen mit reinen Stürzen

Bei 12 tödlichen Unfällen kam es zu Verletzungen nach reinen Stürzen, welche ohne vorherigen Anprall oder folgende Überrollung stattfanden (Abb. 41; Tab. 15, S. 83).

Die rechte und linke Gehirnhälfte waren in jeweils 83,3 % (n = 10) betroffen.

Der linke Hirnschädel war in 75,0 % (n = 9) und der rechte in 50,0 % (n = 6) verletzt. Der Gesichtsschädel war beidseitig in einem Drittel der Fälle (n = 4) betroffen. Die Kopfhaut wies linksseitig in 58,3 % (n = 7) und rechtsseitig in 25,0 % (n = 3) der Fälle

Verletzungen auf. Der Weichteilmantel und das Skelett des Thorax waren linksseitig in 25,0 % (n = 3) betroffen.

Die Organe des linken Brustkorbes waren in 8,3 % (n = 1) verletzt. Das Skelett der oberen wie unteren Extremitäten war links in 16,7 % (n = 2) und rechts in keinem Fall betroffen. Der Weichteilmantel der oberen Extremität wurde links in 41,7 % (n = 5) und rechts in 33,3 % (n = 4) und der Weichteilmantel der unteren Extremität links in 33,3 % (n = 4) und rechts in 16,7 % (n = 2) verletzt. In jeweils einem Fall (8,3 %) wurden die Halswirbelsäule sowie das Skelett des Beckens rechts verletzt. Nicht betroffen waren das Abdomen, die Brust- und Lendenwirbelsäule sowie die restlichen Bereiche des Beckens und des Halses.

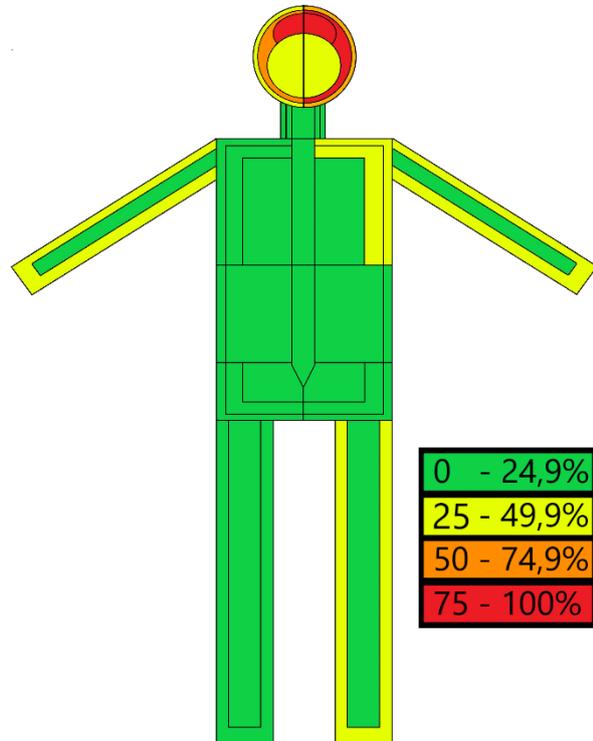


Abbildung 41: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit reinen Stürzen (n = 12)

3.3.2.2 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Anprall

In 26 Fällen handelte es sich um einen Unfall, der sich auf die Unfallphasen „Anprall“ und „Sturz“ beschränkte. Die Verletzungen dieser Unfallphasen werden im Folgenden beschrieben.

3.3.2.2.1 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Anprall: Verletzungen des Anpralls

Bei Unfällen mit Anprall und nachfolgendem Sturz (Abb. 42; Tab. 16, S. 84) wurde in 76,9 % (n = 20) die linke Gehirnhälfte und in 73,1 % (n = 19) die rechte Gehirnhälfte verletzt.

Der linke Hirnschädel war in 50,0 % (n = 13) und der rechte in 15,4 % (n = 4) betroffen, wohingegen die rechte und linke Gesichtsschädelseite in 19,2 % (n = 5) Verletzungen aufwies. In 53,9 % (n = 14) war die Kopfhaut linksseitig und in 26,9 % (n = 7) rechtsseitig verletzt.

Das Skelett und die Organe der linken Thoraxhälfte waren in 53,9 % (n = 14)

Auf der rechten Thoraxhälfte waren die

Organe hingegen in 38,4 % (n = 10) und das Skelett in 26,9 % (n = 7) betroffen.

Die Bauchorgane waren linksseitig in 26,9 % (n = 7) und rechtsseitig in 19,2 % (n = 5) verletzt. Der Bauchweichteilmantel war beidseitig in 7,7 % (n = 2) betroffen.

Die knöchernen Anteile des Beckens waren links in 19,2 % (n = 5) und rechts in 15,4 % (n = 4) verletzt. Die Beckenorgane waren links in 7,7 % (n = 2) und rechts in 3,9 % (n = 1) betroffen.

Die Halswirbelsäule wies in 30,8 % (n = 8), die Brustwirbelsäule in 11,5 % (n = 3) und die Lendenwirbelsäule in 19,2 % (n = 5) Verletzungen auf.

Der linke Arm war knöchern in 34,6 % (n = 9) und der rechte in 7,7 % (n = 2) betroffen.

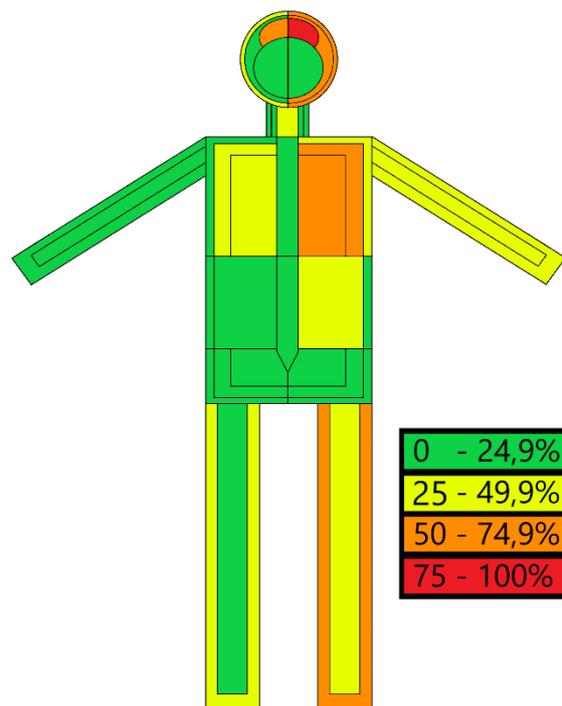


Abbildung 42: Verletzungsmuster des Anpralls bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 26)

Der Weichteilmantel der oberen Extremität war links in 46,2 % (n = 12) und rechts in 11,5 % (n = 3) verletzt.

Die unteren Extremitäten wiesen links in 38,5 % (n = 10) und rechts in 19,2 % (n = 5) knöcherne Verletzungen auf. Der Weichteilmantel der unteren Extremität war links in 65,4 % (n = 17) und rechts in 38,5 % (n = 10) betroffen.

3.3.2.2 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Anprall: Verletzungen des Sturzes

Bei Verletzungen infolge des Sturzes bei „Anprall-Sturz-Verletzungen“ (Abb. 43; Tab. 17, S. 85) war das Gehirn rechtsseitig in 46,2 % (n = 12) und linksseitig in 30,8 % (n = 8) betroffen. Die Kopfhaut wurde rechtsseitig in 30,8 % (n = 8) und linksseitig in 19,2 % (n = 5) verletzt. Zu Verletzungen des Gesichtsschädels kam es links in 11,5 % (n = 3) und rechts in 7,7 % (n = 2) der Fälle. Halswirbelsäule, Brustwirbelsäule und Lendenwirbelsäule wurden durch den Sturz in keinem Fall verletzt.

Knöcherne Verletzungen betrafen in jeweils 3,9 % (n = 1) den rechten Thorax und das rechte Becken und in 7,7 % (n = 2) die rechte obere Extremität. Weitere Verletzungen betrafen nur noch den Weichteilmantel – in 19,2 % (n = 5) die der rechten unteren Extremität, in 15,5 % (n = 4) die der oberen rechten Extremität. Zahlen der übrigen Weichteilmantelverletzungen bewegten sich pro Körperpartie im Bereich von 0,0 % bis 7,7 % (n = 2).

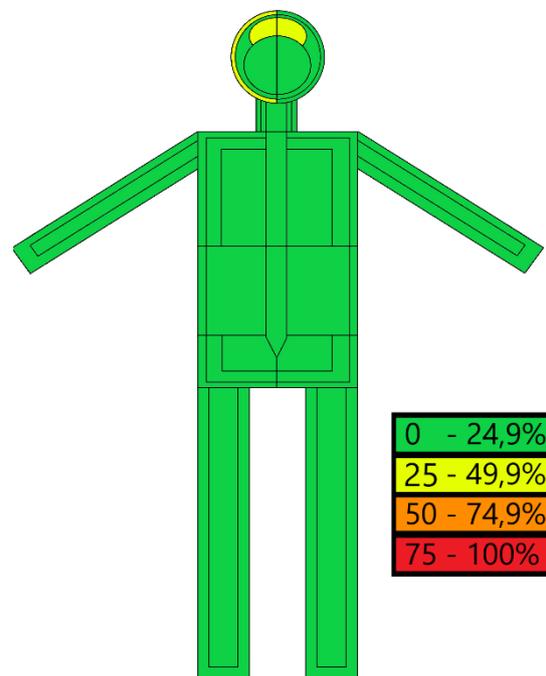


Abbildung 43: Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei „Anprall-Sturz-Verletzungen“ bei tödlichen (n = 26)

3.3.2.3 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Überrollung

3.3.2.3.1 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Überrollung: Verletzungen des Sturzes

In den 23 Fällen, in denen eine Überrollung stattfand, war es bei den Stürzen (Abb. 44; Tab. 18, S. 86) lediglich in 8,7 % (n = 2) zu Verletzungen der rechten Gehirnhälfte und in 4,4 % (n = 1) zu Verletzungen der linken Gehirnhälfte gekommen.

In 4,4 % (n = 1) wurde der Weichteilmantel der rechten unteren Extremität beim Sturz verletzt.

Des Weiteren konnten keine weiteren Verletzungen der Unfallphase des Sturzes zugeschrieben werden.

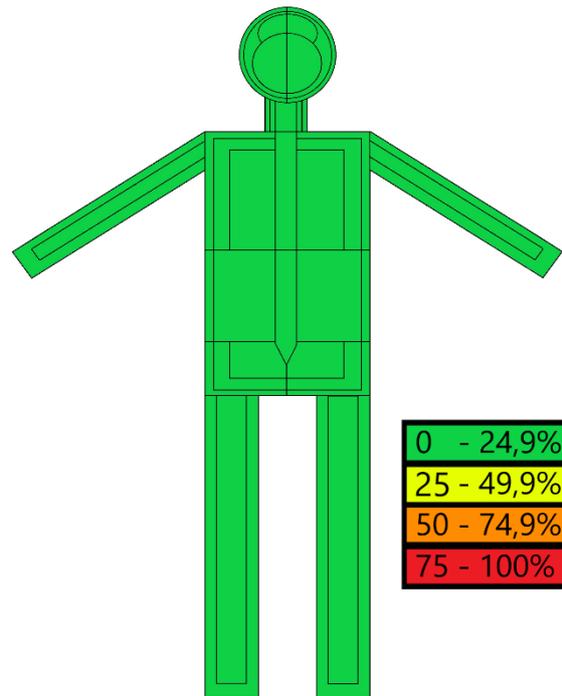


Abbildung 44: Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei Überrollungen bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 23)

3.3.2.3.2 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Überrollung: Verletzungen der Überrollung

Verletzungen, welche durch Überrollung entstanden (Abb. 45; Tab. 19, S. 87), betrafen in jeweils 87,0 % (n = 20) beidseitig das Thoraxskelett und die linksseitigen Thoraxorgane. Die Thoraxorgane der rechten Seite waren in 82,6 % (n = 19) betroffen. Verletzungen des Weichteilmantels des Thorax betrafen in 78,3 % (n = 18) die linke Seite und in 69,6 % (n = 16) die rechte Seite. Organe des Abdomens waren rechts in 60,9 % (n = 14) und links in 52,2 % (n = 12) betroffen. Der Weichteilmantel des Abdomens wurde beidseitig in 65,2 % (n = 15) verletzt.

Verletzungen des Beckens betrafen in 73,9 % (n = 17) das linke Beckenskelett und in 69,6 % (n = 16) das rechte Beckenskelett. Die Beckenorgane wurden rechtsseitig in 21,7 % (n = 5) und linksseitig in 17,4 % (n = 4) verletzt. Der Weichteilmantel des Beckens war links in 56,5 % (n = 13) und rechts in 39,1 % (n = 9) betroffen.

Das Gehirn wurde beidseits in jeweils 39,1 % (n = 9) verletzt. Der Hirnschädel war rechts ebenfalls in 39,1 % (n = 9) und links in 34,8 % betroffen. Verletzungen des Gesichtsschädels waren rechts in 43,5 % (n = 10) und links in 39,1 % (n = 9) der Überrollungen zu verzeichnen. Die Kopfhaut wurde rechts in 47,8 % (n = 11) und links in 56,5 % (n = 13) verletzt.

Verletzungen des Halses entstanden in etwa einem Drittel der Fälle. Die Halswirbelsäule war in 39,4 % (n = 7), die Brustwirbelsäule in 65,2 % (n = 15) und die LWS in 26,1 % (n = 6) betroffen.

Das Skelett der Extremitäten wurde je nach Körperpartie in zwischen 26,1 % (n = 6) bis 39,1 % (n = 9) der Fälle verletzt. Der Weichteilmantel der Extremitäten war in

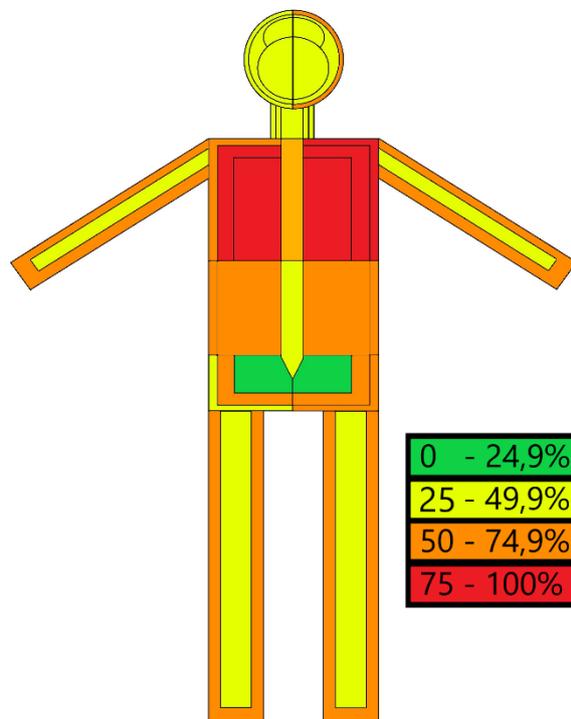


Abbildung 45: Verletzungsmuster infolge der Unfallphase der Überrollung bei tödlichen Fahrradunfällen mit Überrollung (n = 23)

zwischen 52,2 % (n = 12) bis 69,6 % der Fälle (n = 16) betroffen.

3.3.3 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen

3.3.3.1 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw

Bei 10 Fällen, welche der Kategorie Abbiegeunfälle mit Pkw-Beteiligung zugeordnet wurden (Abb. 46; Tab. 20, S. 88), wurde das Gehirn beidseitig in 100 % (n = 10) der Fälle verletzt. Der Hirnschädel war linksseitig in 70 % (n = 7) und rechtsseitig in 60 % (n = 6) betroffen. Die Kopfhaut wurde links- wie rechtsseitig jeweils in 60 % (n = 6) verletzt. Verletzungen des Gesichtsschädels traten rechts in 30 % (n = 3) und links in 20 % (n = 2) auf. Die Halswirbelsäule wurde in 30 % (n = 3), die Brustwirbelsäule in 10 % (n = 1) und die Lendenwirbelsäule in 20 % (n = 2) verletzt.

Der rechtseitige Weichteilmantel des

Halses war in 20 % (n = 2) und der linkseiteige Weichteilmantel des Halses in keinem Fall (n = 0) betroffen.

Bei den Extremitäten wurde vor allem der Weichteilmantel verletzt. Der Weichteilmantel der rechten unteren Extremität war in 50 % (n = 5) und die linke in 70 % (n = 7) betroffen. Der Weichteilmantel der oberen Extremitäten war rechts und links in jeweils 30 % (n = 3) verletzt. Die Knochen der oberen Extremitäten sowie die der unteren Extremität links waren in jeweils 10 % (n = 1) und die Knochen der rechten unteren Extremität in 20 % (n = 2) von Verletzungen betroffen.

Die knöchernen Strukturen der rechten Seite des Thorax wurden in 30 % (n = 3) verletzt. Die knöchernen Strukturen der linken Seite sowie die Organe und der Weichteilmantel des Thorax jeder Seite waren jeweils in 20 % (n = 2) oder weniger

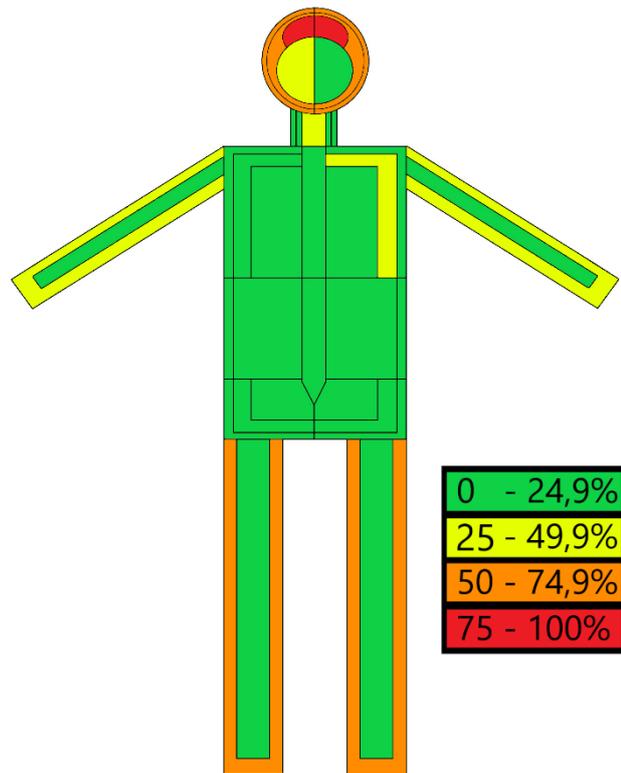


Abbildung 46: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 10)

betroffen.

Die rechtsseitigen Organe und der rechtsseitige Weichteilmantel des Abdomens wurden in 20 % (n = 2) verletzt. Die linke Seite des Abdomens blieb in den hier untersuchten Fällen der Kategorie Abbiegeunfälle mit Pkw-Beteiligung jeweils unverletzt.

Der Weichteilmantel des Beckens wurde linkseitig in 10 % (n = 1) verletzt. Die weiteren Beckenanteile blieben bei allen Fällen der Kategorie Abbiegeunfälle mit Pkw-Beteiligung unverletzt.

3.3.3.1.1 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw: linksabbiegende Pkw

Bei 7 Fällen der Kategorie Abbiegeunfälle mit Pkw-Beteiligung fuhr der Fahrradfahrer geradeaus und der Pkw bog links ab (Abb. 47; Tab. 21, S. 89). Beide Seiten des Gehirns wurden in 100 % (n = 7) der Fälle verletzt. Der Hirnschädel war rechtseitig in 57,1 % (n = 4) und linkseitig in 85,7 % (n = 6) betroffen. Verletzungen der Kopfhaut wurden rechtseitig in 71,4 % (n = 5) und linksseitig in 42,9 % (n = 3) gefunden. Der Gesichtsschädel wies rechtsseitig wie linksseitig in jeweils 28,6 % (n = 2) Verletzungen auf.

Die Halswirbelsäule wurde in einem Fall (14,3 %) verletzt. Die anderen Abschnitte der Wirbelsäule waren immer unverletzt.

Der Weichteilmantel der unteren linken Extremität wurde in 71,4 % (n = 5) und die der oberen linken Extremität sowie die der unteren rechten Extremität in 42,9 % (n = 3)

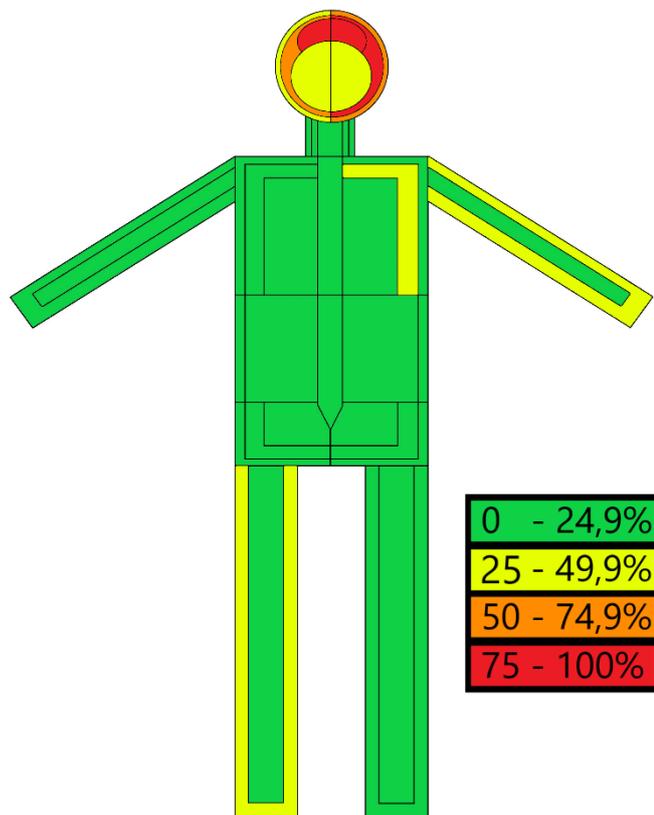


Abbildung 47: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit linksabbiegenden Pkws bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 7)

verletzt.

Die Knochen der oberen linken Extremität sowie der Weichteilmantel der oberen rechten Extremität waren in 14,3 (n = 1) von Verletzungen betroffen. Die knöchernen Strukturen der unteren Extremität, sowie die knöchernen Strukturen der oberen rechten Extremität wurden nicht verletzt.

Die knöchernen Strukturen des Thorax wurden linksseitig in 28,6 % (n = 2) und rechtsseitig in 14,3 % (n = 1) verletzt. Die rechtsseitigen Organe des Thorax waren in 14,4 (n = 1) der Fälle von Verletzungen betroffen. Die linksseitigen Organe des Thorax, sowie der Weichteilmantel des Thoraxbereiches blieben bei allen hier untersuchten Fällen unverletzt.

Das Abdomen blieb in allen Fällen dieser Kategorie unverletzt.

Der Weichteilmantel des Beckens wurde linksseitig in 14,3 % (n = 1) verletzt. Die übrigen Anteile des Beckens blieben bei allen Fällen der Kategorie Abbiegeunfälle mit Pkw-Beteiligung unverletzt.

Die Organe und der Weichteilmantel des Halses blieben in allen Fällen dieser Kategorie unverletzt.

3.3.3.1.2 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw: linksabbiegende Fahrradfahrer

Bei 3 Fällen der Kategorie Abbiegeunfälle mit Pkw-Beteiligung bog der Fahrradfahrer links ab und der Pkw fuhr geradeaus (Tab. 22, S. 90). Das Gehirn wurde beidseitig in allen drei Fällen verletzt. Die Kopfhaut war rechtsseitig ebenfalls in allen Fällen (n = 3) und linksseitig in einem Fall von Verletzungen betroffen. Der rechts- wie linksseitige Hirnschädel sowie der rechtsseitige Gesichtsschädel wurden jeweils in einem Fall verletzt. Die linke Seite des Gehirnschädels war in keinem der hier untersuchten Fälle betroffen.

Die Hals- sowie die Lendenwirbelsäule wurden in zwei Fällen und die Brustwirbelsäule in einem Fall verletzt.

Der Weichteilmantel der unteren Extremitäten rechts- wie linksseitig sowie der Weichteilmantel der rechten oberen Extremität waren in zwei Fällen betroffen. Die Knochen der rechten unteren Extremität wurden in zwei Fällen und die der rechten oberen Extremität in einem Fall verletzt. Die linke obere Extremität blieb in allen hier untersuchten Fällen unverletzt.

Die Organe sowie die knöchernen Strukturen des Thorax rechts und linksseitig waren jeweils in einem Fall von Verletzungen betroffen. Der Weichteilmantel des Thorax wies linksseitig in zwei Fällen und rechtsseitig in einem Fall Verletzungen auf.

Die rechtsseitigen inneren Organe sowie der rechtsseitige Weichteilmantel des Abdomens wurden in zwei Fällen verletzt. Die linke Seite des Abdomens wies in den hier untersuchten Fällen keine Verletzungen auf.

Der Hals wies an dem rechtsseitigen Weichteilmantel in zwei Fällen Verletzungen auf. Die Organe und der linksseitige Weichteilmantel des Halses blieben unverletzt. Das Becken wies in den hier untersuchten Fällen keine Verletzungen auf.

3.3.3.2 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Lkw

Bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung (n = 23) (Abb. 48; Tab. 23, S. 91) waren die Organe des Thorax auf beiden Seiten und das rechte Thoraxskelett in 56,5 % (n = 13) und das linke Thoraxskelett in 52,2 % (n = 12) betroffen. Der Weichteilmantel des Thorax wurde rechts in 39,1 % (n = 9) und links in 47,8 % (n = 11) verletzt. Die Organe und der Weichteilmantel des Abdomens waren in jeweils 39,1 % (n = 9) betroffen.

Die knöchernen Strukturen des Beckens wurden rechts in 39,1 % (n = 9) und links in 43,5 % (n = 10) verletzt. Die Organe des Beckens waren rechts in 13,0 % (n = 3) und links in 8,7 % (n = 2) betroffen. Der Weichteilmantel der rechten Seite des Beckens wies in 26,1 % (n = 6) und die der linken Seite in 39,1 % (n = 9) Verletzungen auf.

Die Brustwirbelsäule war in 43,5 % (n = 10), die Lendenwirbelsäule in 21,7 % (n = 5) und die Halswirbelsäule in 17,4 % (n = 4) betroffen. Die anderen Strukturen des Halses waren in zwischen 13,0 % (n = 3) und 21,4 % (n = 5) der Fälle verletzt.

Das Gehirn war rechts in 30,4 % (n = 7) und links in 26,1 % (n = 6) betroffen. Der Kopfschädel rechts sowie der Gesichtsschädel rechts und links wurden in 21,7 % (n = 5) und der linke Teil des Kopfschädels in 17,4 % (n = 4) der Fälle verletzt. Die Kopfhaut war rechts in 30,4 % (n = 7) und links in 34,8 % (n = 8) beschädigt.

Der Anteil der Verletzungen der knöchernen Strukturen der linken Extremitäten betrug 26,1 % (n = 6). Die Knochen der rechten oberen Extremität waren in 21,7 % (n = 5) und die der rechten unteren Extremität in 13,0 % (n = 3) betroffen.

Der Weichteilmantel der oberen Extremitäten rechts und links und der unteren Extremitäten links war in zwischen 39,1 % (n = 9) und 47,8 % (n = 11) und der

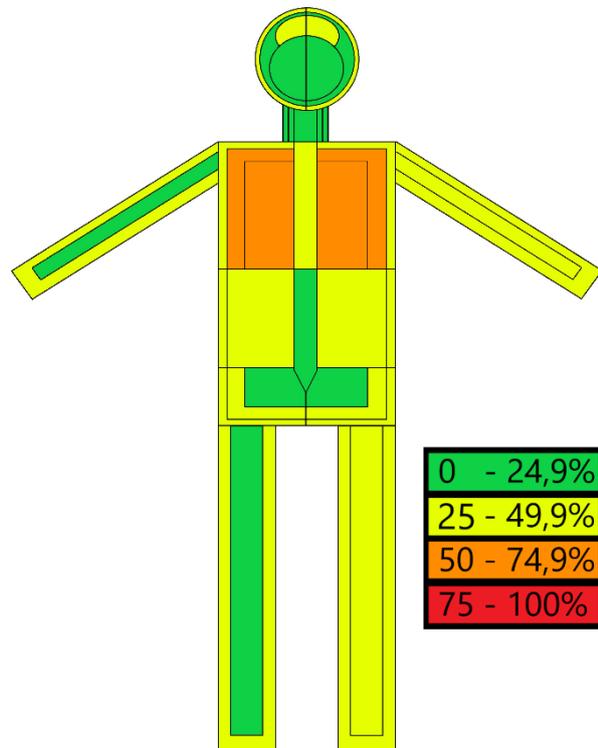


Abbildung 48: 2 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 23)

Weichteilmantel des rechten Beins in 26,1 % (n = 6) der Fälle verletzt.

3.3.4 Verletzungsmuster in Abhängigkeit vom Helmtrageverhalten

3.3.4.1 Todesursache abhängig vom Helmtrageverhalten

In Tabelle 10 sind die Todesursachen von tödlich verunglückten Radfahrern, welche nachweislich einen Helm getragen haben, gegenüber denen aufgestellt, welche zum Unfallzeitpunkt laut Angaben keinen Helm getragen haben. Dabei ist die Zahl isolierter, todesursächlicher Schädelhirntraumata bei den Radfahrern, die zum Unfallzeitpunkt keinen Helm trugen, auffällig größer als bei den Radfahrern, welche einen Helm getragen haben. 16 Radfahrer ohne Helm starben an einem isolierten Schädelhirntrauma im Vergleich zu nur einem Radfahrer mit Helm, welcher mit hoher Kollisionsgeschwindigkeit angefahren worden war. Die übrigen Todesursachen unterscheiden sich nicht bzw. nicht wesentlich.

Tabelle 10: Todesursachen nach Helmtrageverhalten

Todesursache	Helm	Kein Helm
Isoliertes Schädelhirntrauma	1	16
Polytrauma – Schädelhirntrauma	1	1
Polytrauma – schwersten Schädelhirntrauma bis hin zur Zermalmung des Kopfes	3	2
Polytrauma – stumpfes Rumpftrauma	3	3
Spättodesfälle	1	1

3.3.4.2 Verletzungsmuster in Abhängigkeit vom Helmtrageverhalten

3.3.4.2.1 Verletzungsmuster bei Unfällen mit Helm

Bei 9 der hier untersuchten tödlich verlaufenen Fahrradunfälle wurde ein Helm getragen (Abb. 49; Tab. 24, S. 92).

Das Gehirn wurde rechts in 66,7 % (n = 6) und links in 77,8 % (n = 7) verletzt. Die linkseitige Kopfhaut war in 66,7 % (n = 6) betroffen. Der linke Gesichts-, sowie der rechte und linke Gesichtsschädel und die rechtsseitige Kopfhaut waren in 44,4 % (n = 4) und der rechte Gesichtsschädel in einem Drittel (n = 3) verletzt.

Die linksseitigen Organe und knöchernen Strukturen waren jeweils in 77,8 % (n = 7) betroffen. Die rechten inneren Organe des Thorax wurden in

55,6 % (n = 5), das Skelett des Thorax wurde in 66,7 % (n = 6) und die Haut des Thorax wurde an beiden Seiten zu jeweils 44,4 % (n = 4) verletzt.

Die Halswirbelsäule war in 33,3 % (n = 3), die Brustwirbelsäule in 55,6 % (n = 5) und die Lendenwirbelsäule in 44,4 % (n = 4) betroffen.

Die Haut der linken oberen und der rechten unteren Extremität wiesen jeweils in 66,7 % (n = 6) Verletzungen auf. Die Haut der linken unteren Extremität war in 77,8 % (n = 7) und die Haut der rechten oberen Extremität in 55,6 % (n = 5) verletzt. Die knöchernen Strukturen der rechten Seite der oberen und unteren Extremitäten waren in 22,2 % (n = 2) und die knöchernen Strukturen der linken Seite der oberen und unteren Extremitäten in 44,4 % (n = 4) betroffen.

Die Haut des Halses wurde ein Mal (11,1 %) verletzt. Bei 9 Fällen mit nachgewiesenem Helm blieben die Organe des Halses stets unverletzt. Verletzungen des Beckens traten in 33,3 % (n = 3) oder weniger auf.

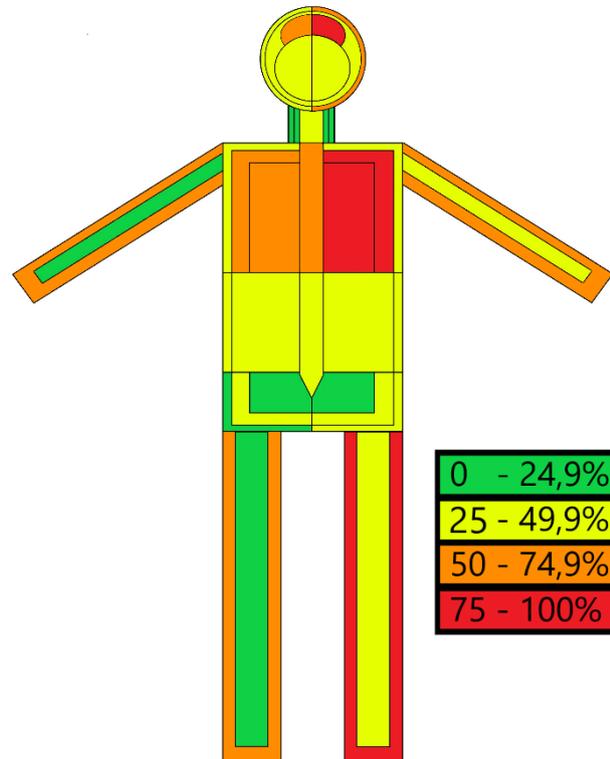


Abbildung 49: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Helm (n = 9)

3.3.4.2.2 Verletzungsmuster bei Unfällen ohne Helm

Bei 23 der hier untersuchten tödlich verlaufenen Fahrradunfälle wurde laut Angaben kein Helm getragen (Abb. 50, Tab. 25, S. 93).

Die rechte und linke Seite des Gehirns wurden in jeweils 87,0 % (n = 20) verletzt. Der rechte Kopfschädel war in 52,2 % (n = 12) und der linke Kopfschädel in 78,3 % (n = 18) betroffen. Der rechte Gesichtsschädel trug in 39,1 % (n = 9) und der linke Gesichtsschädel in 43,5 % (n = 10) Verletzungen davon. Verletzungen der rechten Kopfhaut traten in 47,8 % (n = 11) und der linken Kopfhaut in 56,5 % (n = 13) auf.

Die Organe des Thorax waren rechts

in 26,1 % (n = 6) und links in 34,8 % (n = 8) betroffen. Das Skelett des Thorax wurde rechtsseitig in 30,7 % (n = 7) und linksseitig in 39,1 % (n = 9) verletzt. Die rechte Seite der Haut des Thorax wies in 21,7 % (n = 5) und die linke Seite der Haut des Thorax in 47,8 % (n = 11) Verletzungen auf.

Die Organe des Abdomens waren rechtsseitig in 17,4 % (n = 4) und linksseitig in 21,7 % (n = 5) betroffen. Die rechtsseitige Haut des Abdomens wurde in 21,7 % (n = 5) und die linksseitige Haut des Abdomens in 30,4 % (n = 7) verletzt.

Die knöchernen Strukturen des Beckens wiesen in 21,7 % (n = 5) und alle anderen Strukturen des Beckens in 8,7 % (n = 2) oder weniger Verletzungen auf.

Die Abschnitte der Wirbelsäule wurden in 13,0 % (n = 3) oder weniger verletzt.

Die inneren Organe des Halses waren in 17,4 % (n = 4) betroffen. Die rechtsseitige Haut des Halses wurde in 13,0 % (n = 3) und die linksseitige Haut des Halses in 8,7 % (n = 2) verletzt.

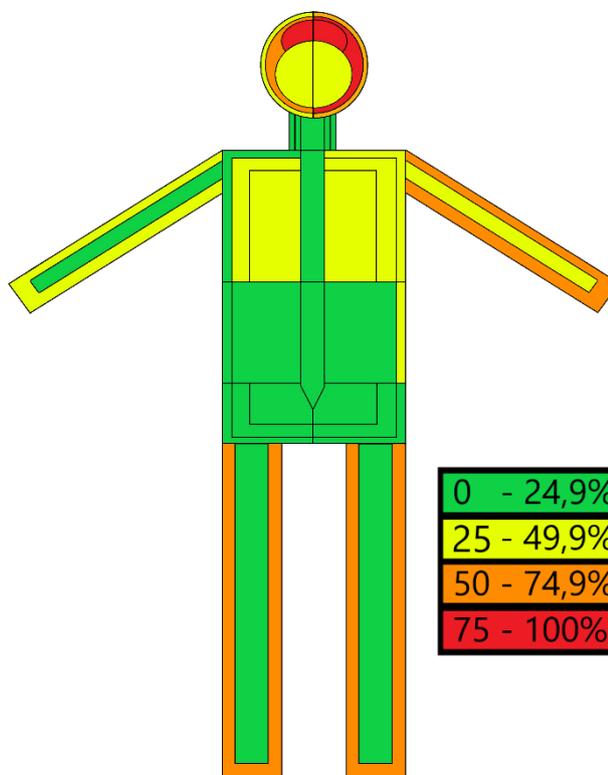


Abbildung 50: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen ohne Helm (n = 23)

Die Haut der unteren Extremitäten links und rechts sowie die der oberen Extremität links war jeweils in 52,2 % (n = 12) und die Haut der oberen rechten Extremität in 34,8 % (n = 8) von Verletzungen betroffen. Das Skelett der oberen linken Extremität wurde in 26,1 % (n = 6) und das Skelett der linken unteren Extremität in 21,7 % (n = 5) verletzt. Die knöchernen Strukturen der rechten oberen Extremität waren in 8,7 % (n = 2) und die der rechten unteren Extremität in 4,4 % (n = 1) betroffen.

3.3.5 Verletzungsmuster bei speziellen Fällen

Es kam zu einem für den Fahrradfahrer tödlich verlaufenen Unfall mit einem Fußgänger (Tab. 26, S. 94). Der Fahrradfahrer erlitt Verletzungen an der Halswirbelsäule und an der Haut der linken unteren Extremität. An den übrigen Körperpartien waren keine Verletzungen zu finden.

Ein Fahrradfahrer kam nach einem Unfall mit einem Schirm eines Kite-Skateboarders zu Tode (Tab. 27, S. 95). Das Gehirn und die oberen Extremitäten wurden beidseitig verletzt. Linkseitig hingegen waren Verletzungen am Hirn- und Gesichtsschädel, sowie der Haut des Kopfes, des Thorax und der unteren Extremitäten zu finden.

Zwei Unfälle wurden der Kategorie Alleinunfall zugeordnet (Tab. 28, S. 96). Hier wurden in der Hälfte der Fälle ($n = 1$) das Gehirn, sowie der Hirnschädel rechts und links verletzt. Das Skelett des Thorax, der unteren und der oberen Extremitäten wurden ebenfalls in einem der zwei Fälle verletzt. Beide Fahrradfahrer wiesen Verletzungen des Skeletts der oberen rechten Extremitäten auf.

Bei einem Fall waren der Unfallablauf und auch der Unfallgegner unklar. Hier erlitt der verunglückte Fahrradfahrer Verletzungen am Gehirn und am Hirnschädel, beidseitig, sowie an der rechten Kopfhaut. Außerdem wurde die Haut des Thorax rechts und links verletzt, sowie auch die Haut der unteren Extremitäten.

3.3.6 Tabellen der Verletzungsmuster

Tabelle 11: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Pkw-Beteiligung (n = 28)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	27	96,4 %
		links	27	96,4 %
	Hirnschädel	rechts	12	42,9 %
		links	21	75,0 %
	Gesichtsschädel	rechts	10	35,7 %
		links	10	35,7 %
Kopfhaut	rechts	14	50,0 %	
	links	16	57,1 %	
Hals	Skelett (HWS)		7	25,0 %
	Organe		2	7,1 %
	Weichteilmantel	rechts	2	7,1 %
links		0	0,0 %	
Thorax	Organe	rechts	10	35,7 %
		links	12	42,9 %
	Skelett	rechts	8	28,6 %
		links	12	42,9 %
	Weichteilmantel	rechts	6	21,4 %
		links	12	42,9 %
Abdomen	Organe	rechts	5	17,9 %
		links	6	21,4 %
	Weichteilmantel	rechts	4	14,3 %
		links	8	28,6 %
Becken	Organe	rechts	1	3,6 %
		links	1	3,6 %
	Skelett	rechts	6	21,4 %
		links	4	14,3 %
	Weichteilmantel	rechts	1	3,6 %
		links	3	10,7 %
BWS			2	7,1 %
LWS			5	17,9 %
OE	Skelett	rechts	3	10,7 %
		links	10	35,7 %
	Weichteilmantel	rechts	7	25,0 %
		links	13	46,4 %
UE	Skelett	rechts	4	14,3 %
		links	9	32,1 %
	Weichteilmantel	rechts	17	16,7 %
		links	19	67,9 %

Tabelle 12: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Lkw-, Bus- und Radlader-Beteiligung
(n = 34)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	17	50,0 %
		links	18	52,9 %
	Hirnschädel	rechts	14	41,2 %
		links	12	35,3 %
	Gesichtsschädel	rechts	15	44,1 %
		links	14	41,2 %
Kopfhaut	rechts	16	47,1 %	
	links	21	61,8 %	
Hals	Skelett (HWS)		10	29,4 %
	Organe		10	29,4 %
	Weichteilmantel	rechts	9	26,5 %
		links	9	26,5 %
Thorax	Organe	rechts	23	67,7 %
		links	28	82,4 %
	Skelett	rechts	25	73,5 %
		links	28	82,4 %
	Weichteilmantel	rechts	19	55,9 %
		links	24	70,6 %
Abdomen	Organe	rechts	16	47,1 %
		links	15	44,1 %
	Weichteilmantel	rechts	17	50,0 %
		links	19	55,9 %
Becken	Organe	rechts	6	17,7 %
		links	6	17,7 %
	Skelett	rechts	17	50,0 %
		links	20	58,8 %
	Weichteilmantel	rechts	10	29,4 %
		links	16	47,1 %
BWS			20	58,8 %
LWS			9	26,5 %
OE	Skelett	rechts	13	38,2 %
		links	11	32,4 %
	Weichteilmantel	rechts	21	61,8 %
		links	18	52,9 %
UE	Skelett	rechts	9	26,5 %
		links	13	38,2 %
	Weichteilmantel	rechts	18	52,9 %
		links	22	64,7 %

Tabelle 13: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Straßenbahn-Beteiligung (n = 5)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	4
		links	4
	Hirnschädel	rechts	4
		links	4
	Gesichtsschädel	rechts	2
		links	2
Kopfhaut	rechts	2	
	links	5	
Hals	Skelett (HWS)		0
	Organe		1
	Weichteilmantel	rechts	1
links		1	
Thorax	Organe	rechts	3
		links	3
	Skelett	rechts	2
		links	4
	Weichteilmantel	rechts	3
		links	4
Abdomen	Organe	rechts	2
		links	3
	Weichteilmantel	rechts	3
		links	4
Becken	Organe	rechts	2
		links	2
	Skelett	rechts	2
		links	3
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	3
BWS			1
LWS			0
OE	Skelett	rechts	2
		links	3
	Weichteilmantel	rechts	3
		links	3
UE	Skelett	rechts	2
		links	2
	Weichteilmantel	rechts	3
		links	3

Tabelle 14: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit anderen Fahrradfahrern (n = 4)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	4
		links	4
	Hirnschädel	rechts	3
		links	2
	Gesichtsschädel	rechts	1
		links	1
	Kopfhaut	rechts	3
		links	2
Hals	Skelett (HWS)		0
	Organe		0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	0
Thorax	Organe	rechts	0
		links	0
	Skelett	rechts	2
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	1
Abdomen	Organe	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	0
Becken	Organe	rechts	0
		links	0
	Skelett	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	0
BWS			1
LWS			0
OE	Skelett	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	1
		links	3
UE	Skelett	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	1
		links	1

Tabelle 15: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit reinen Stürzen (n = 12)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	10	83,3 %
		links	10	83,3 %
	Hirnschädel	rechts	6	50,0 %
		links	9	75,0 %
	Gesichtsschädel	rechts	4	33,3 %
		links	4	33,3 %
Kopfhaut	rechts	3	25,0 %	
	links	7	58,3 %	
Hals	Skelett (HWS)		1	8,3 %
	Organe		0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
links		0		
Thorax	Organe	rechts	0	
		links	1	8,3 %
	Skelett	rechts	1	8,3 %
		links	3	25,0 %
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	3	25,0 %
Abdomen	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
Becken	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Skelett	rechts	1	8,3 %
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
BWS			0	
LWS			0	
OE	Skelett	rechts	0	
		links	2	16,7 %
	Weichteilmantel	rechts	4	33,3 %
		links	5	41,7 %
UE	Skelett	rechts	0	
		links	2	16,7 %
	Weichteilmantel	rechts	2	16,7 %
		links	4	33,3 %

Tabelle 16: Verletzungsmuster infolge des Anpralls bei „Anprall-Sturz-Verletzungen“ bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 26)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	19	73,1 %
		links	20	76,9 %
	Hirnschädel	rechts	4	15,4 %
		links	13	50,0 %
	Gesichtsschädel	rechts	5	19,2 %
		links	5	19,2 %
Kopfhaut	rechts	7	26,9 %	
	links	14	53,9 %	
Hals	Skelett (HWS)		8	30,8 %
	Organe		2	7,7 %
	Weichteilmantel	rechts	2	7,7 %
links		0		
Thorax	Organe	rechts	10	38,4 %
		links	14	53,9 %
	Skelett	rechts	7	26,9 %
		links	14	53,9 %
	Weichteilmantel	rechts	3	11,5 %
		links	11	42,3 %
Abdomen	Organe	rechts	5	19,2 %
		links	7	26,9 %
	Weichteilmantel	rechts	2	7,7 %
		links	2	7,7 %
Becken	Organe	rechts	1	3,9 %
		links	2	7,7 %
	Skelett	rechts	4	15,4 %
		links	5	19,2 %
	Weichteilmantel	rechts	1	3,9 %
		links	4	15,4 %
BWS			3	11,5 %
LWS			5	19,2 %
OE	Skelett	rechts	2	7,7 %
		links	9	34,6 %
	Weichteilmantel	rechts	3	11,5 %
		links	12	46,2 %
UE	Skelett	rechts	5	19,2 %
		links	10	38,5 %
	Weichteilmantel	rechts	10	38,5 %
		links	17	65,4 %

Tabelle 17: Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei „Anprall-Sturz-Verletzungen“ bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 26)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	12	46,2 %
		links	8	30,8 %
	Hirnschädel	rechts	6	23,1 %
		links	5	19,2 %
	Gesichtsschädel	rechts	2	7,7 %
		links	3	11,5 %
Kopfhaut	rechts	8	30,8 %	
	links	5	19,2 %	
Hals	Skelett (HWS)		0	
	Organe		0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
Thorax	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Skelett	rechts	1	3,9 %
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	2	7,7 %
		links	2	7,7 %
Abdomen	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	2	7,7 %
		links	1	3,9 %
Becken	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Skelett	rechts	1	3,9 %
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	1	3,9 %
BWS			0	
LWS			0	
OE	Skelett	rechts	2	7,7 %
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	4	15,4 %
		links	2	7,7 %
UE	Skelett	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	5	19,2 %
		links	2	7,7 %

Tabelle 18: Verletzungsmuster infolge des Sturzes bei Überrollungen bei tödlichen Fahrradunfällen
(n = 23)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	2	8,7 %
		links	1	4,4 %
	Hirnschädel	rechts	0	
		links	0	
	Gesichtsschädel	rechts	0	
		links	0	
Kopfhaut	rechts	0		
	links	0		
Hals	Skelett (HWS)		0	
	Organe		0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
Thorax	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Skelett	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
Abdomen	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
Becken	Organe	rechts	0	
		links	0	
	Skelett	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
BWS			0	
LWS			0	
OE	Skelett	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	0	
		links	0	
UE	Skelett	rechts	0	
		links	0	
	Weichteilmantel	rechts	1	4,4 %
		links	0	

Tabelle 19: Verletzungsmuster infolge der Unfallphase der Überrollung bei tödlichen Fahrradunfällen mit Überrollung (n = 23)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	9	39,1 %
		links	9	39,1 %
	Hirnschädel	rechts	9	39,1 %
		links	8	34,8 %
	Gesichtsschädel	rechts	10	43,5 %
		links	9	39,1 %
Kopfhaut	rechts	11	47,8 %	
	links	13	56,5 %	
Hals	Skelett (HWS)		7	30,4 %
	Organe		9	39,1 %
	Weichteilmantel	rechts	8	34,8 %
		links	7	30,4 %
Thorax	Organe	rechts	19	82,6 %
		links	20	87,0 %
	Skelett	rechts	20	87,0 %
		links	20	87,0 %
	Weichteilmantel	rechts	16	69,6 %
		links	18	78,3 %
Abdomen	Organe	rechts	14	60,9 %
		links	12	52,2 %
	Weichteilmantel	rechts	15	65,2 %
		links	15	65,2 %
Becken	Organe	rechts	5	21,7 %
		links	4	17,4 %
	Skelett	rechts	16	69,6 %
		links	17	73,9 %
	Weichteilmantel	rechts	9	39,1 %
		links	13	56,5 %
BWS			15	65,2 %
LWS			6	26,1 %
OE	Skelett	rechts	9	39,1 %
		links	8	34,8 %
	Weichteilmantel	rechts	16	69,6 %
		links	12	52,2 %
UE	Skelett	rechts	6	26,1 %
		links	9	39,1 %
	Weichteilmantel	rechts	13	56,5 %
		links	16	69,6 %

Tabelle 20: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Pkw bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 10)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	10
		links	10
	Hirnschädel	rechts	5
		links	7
	Gesichtsschädel	rechts	3
		links	2
Kopfhaut	rechts	6	
	links	6	
Hals	Skelett (HWS)		3
	Organe		0
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	0
Thorax	Organe	rechts	2
		links	1
	Skelett	rechts	2
		links	3
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	1
Abdomen	Organe	rechts	2
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	0
Becken	Organe	rechts	0
		links	0
	Skelett	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	1
BWS			1
LWS			2
OE	Skelett	rechts	1
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	3
		links	3
UE	Skelett	rechts	2
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	5
		links	7

Tabelle 21: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit linksabbiegenden Pkws bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 7)

Betroffene Körperpartien			Absolut
Kopf	Gehirn	rechts	7
		links	7
	Hirnschädel	rechts	4
		links	6
	Gesichtsschädel	rechts	2
		links	2
	Kopfhaut	rechts	3
		links	5
Hals	Skelett (HWS)		1
	Organe		0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	0
Thorax	Organe	rechts	1
		links	0
	Skelett	rechts	1
		links	2
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	0
Abdomen	Organe	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	0
Becken	Organe	rechts	0
		links	0
	Skelett	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	1
BWS			0
LWS			0
OE	Skelett	rechts	0
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	1
		links	3
UE	Skelett	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	3
		links	5

Tabelle 22: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit linksabbiegenden Fahrradfahrern bei tödlichen Fahrradunfällen (n = 3)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	3
		links	3
	Hirnschädel	rechts	1
		links	1
	Gesichtsschädel	rechts	1
		links	0
Kopfhaut	rechts	3	
	links	1	
Hals	Skelett (HWS)		2
	Organe		0
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	0
Thorax	Organe	rechts	1
		links	1
	Skelett	rechts	1
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	1
Abdomen	Organe	rechts	2
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	0
Becken	Organe	rechts	0
		links	0
	Skelett	rechts	0
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	0
		links	0
BWS			1
LWS			2
OE	Skelett	rechts	1
		links	0
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	0
UE	Skelett	rechts	2
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	2

Tabelle 23: Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung bei tödlichen Fahrradunfällen
(n = 23)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	7	30,4 %
		links	6	26,1 %
	Hirnschädel	rechts	5	21,7 %
		links	4	17,4 %
	Gesichtsschädel	rechts	5	21,7 %
		links	5	21,7 %
Kopfhaut	rechts	7	30,4 %	
	links	8	34,8 %	
Hals	Skelett (HWS)		4	17,4 %
	Organe		5	21,7 %
	Weichteilmantel	rechts	4	17,4 %
		links	3	13,0 %
Thorax	Organe	rechts	13	56,5 %
		links	13	56,5 %
	Skelett	rechts	13	56,5 %
		links	12	52,2 %
	Weichteilmantel	rechts	9	39,1 %
		links	11	47,8 %
Abdomen	Organe	rechts	9	39,1 %
		links	9	39,1 %
	Weichteilmantel	rechts	9	39,1 %
		links	9	39,1 %
Becken	Organe	rechts	3	13,0 %
		links	2	8,7 %
	Skelett	rechts	9	39,1 %
		links	10	43,5 %
	Weichteilmantel	rechts	6	26,1 %
		links	9	39,1 %
BWS			10	43,5 %
LWS			5	21,7 %
OE	Skelett	rechts	5	21,7 %
		links	6	26,1 %
	Weichteilmantel	rechts	11	47,8 %
		links	9	39,1 %
UE	Skelett	rechts	3	13,0 %
		links	6	26,1 %
	Weichteilmantel	rechts	6	26,1 %
		links	10	43,5 %

Tabelle 24: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Helm (n = 9)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	6
		links	7
	Hirnschädel	rechts	3
		links	4
	Gesichtsschädel	rechts	4
		links	4
Kopfhaut	rechts	4	
	links	6	
Hals	Skelett (HWS)		3
	Organe		0
	Weichteilmantel	rechts	1
links		0	
Thorax	Organe	rechts	5
		links	7
	Skelett	rechts	6
		links	7
	Weichteilmantel	rechts	4
		links	4
Abdomen	Organe	rechts	4
		links	4
	Weichteilmantel	rechts	3
		links	3
Becken	Organe	rechts	2
		links	1
	Skelett	rechts	3
		links	3
	Weichteilmantel	rechts	2
		links	3
BWS			5
LWS			4
OE	Skelett	rechts	2
		links	4
	Weichteilmantel	rechts	5
		links	6
UE	Skelett	rechts	2
		links	4
	Weichteilmantel	rechts	6
		links	7

Tabelle 25: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen ohne Helm (n = 23)

Betroffene Körperpartien			absolut	Prozent
Kopf	Gehirn	rechts	20	87,0 %
		links	20	87,0 %
	Hirnschädel	rechts	12	52,2 %
		links	18	78,3 %
	Gesichtsschädel	rechts	9	39,1 %
		links	10	43,5 %
Kopfhaut	rechts	11	47,8 %	
	links	13	56,5 %	
Hals	Skelett (HWS)		3	13,0 %
	Organe		4	17,4 %
	Weichteilmantel	rechts	2	8,7 %
links		3	13,0 %	
Thorax	Organe	rechts	6	26,1 %
		links	8	34,8 %
	Skelett	rechts	7	30,4 %
		links	9	39,1 %
	Weichteilmantel	rechts	5	21,7 %
		links	11	47,8 %
Abdomen	Organe	rechts	4	17,4 %
		links	5	21,7 %
	Weichteilmantel	rechts	5	21,7 %
		links	7	30,4 %
Becken	Organe	rechts	1	4,4 %
		links	1	4,4 %
	Skelett	rechts	5	21,7 %
		links	5	21,7 %
	Weichteilmantel	rechts	2	8,7 %
		links	4	17,4 %
BWS			3	13,0 %
LWS			1	4,4 %
OE	Skelett	rechts	2	8,7 %
		links	6	26,1 %
	Weichteilmantel	rechts	8	34,8 %
		links	12	52,2 %
UE	Skelett	rechts	1	4,4 %
		links	5	21,7 %
	Weichteilmantel	rechts	12	52,2 %
		links	12	52,2 %

Tabelle 26: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit Fußgängern (n = 1)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	
		links	
	Hirnschädel	rechts	
		links	
	Gesichtsschädel	rechts	
		links	
	Kopfhaut	rechts	
		links	
Hals	Skelett (HWS)		1
	Organe		
	Weichteilmantel	rechts	
links			
Thorax	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
Abdomen	Organe	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
Becken	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
BWS			
LWS			
OE	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
UE	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	1

Tabelle 27: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit einem Kite-Skateboarder (n = 1)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	1
		links	1
	Hirnschädel	rechts	
		links	1
	Gesichtsschädel	rechts	
		links	1
Kopfhaut	rechts		
	links	1	
Hals	Skelett (HWS)		
	Organe		
	Weichteilmantel	rechts	
links			
Thorax	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	1
Abdomen	Organe	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
Becken	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
BWS			
LWS			
OE	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	1
		links	1
UE	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	1

Tabelle 28: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradalleinunfällen (n = 2)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	1
		links	1
	Hirnschädel	rechts	1
		links	1
	Gesichtsschädel	rechts	
		links	
Kopfhaut	rechts		
	links	1	
Hals	Skelett (HWS)		
	Organe		
	Weichteilmantel	rechts	
links			
Thorax	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
Abdomen	Organe	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
Becken	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
BWS			
LWS			
OE	Skelett	rechts	2
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
UE	Skelett	rechts	
		links	1
	Weichteilmantel	rechts	
		links	

Tabelle 29: Verletzungsmuster bei tödlichen Fahrradunfällen mit unklarem Unfallgegner (n = 1)

Betroffene Körperpartien			absolut
Kopf	Gehirn	rechts	1
		links	1
	Hirnschädel	rechts	1
		links	1
	Gesichtsschädel	rechts	
		links	
Kopfhaut	rechts	1	
	links		
Hals	Skelett (HWS)		
	Organe		
	Weichteilmantel	rechts	
links			
Thorax	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	1
		links	1
Abdomen	Organe	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
Becken	Organe	rechts	
		links	
	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
BWS			
LWS			
OE	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	
		links	
UE	Skelett	rechts	
		links	
	Weichteilmantel	rechts	1
		links	1

4 Diskussion

4.1 Kritik der Untersuchungsmethode

4.1.1 Untersuchungsmaterial

Grundlage der vorliegenden Arbeit waren alle tödlich verlaufenen Fahrradunfälle im Berliner Stadtgebiet im Zeitraum von 2011-2016.

Dies umfasste 76 Fälle, welche in den Sektionsarchiven des Instituts für Rechtsmedizin der Charité und des Landesinstituts für gerichtliche und soziale Medizin Berlin recherchiert und mit der Polizeistatistik abgeglichen wurden. Dieser Abgleich ermöglichte auch eine Erfassung aller Fälle, welche obduziert, aber nicht polizeilich erfasst wurden, wie auch jener, welche polizeilich erfasst, aber nicht obduziert wurden. Zudem wurden auch tödlich verunglückte Radfahrer erfasst, welche außerhalb der für das Unfallstatistikgesetz relevanten 30 Tage nach dem Unfall verstarben.

Unfälle außerhalb Berlins wurden nicht inkludiert, sodass es sich um ein urbanes Fallkollektiv handelt, welches durch andere Unfallkonstellationen und Geschwindigkeiten als Unfälle außerorts charakterisiert ist. Zulässige Höchstgeschwindigkeiten liegen für den Kraftverkehr im Berliner Stadtgebiet zwischen 10 km/h und 60 km/h, respektive 80 km/h auf den Stadtautobahnen. Urbane Verletzungsmuster sind daher in der Regel durch andere Anprallgeschwindigkeiten gekennzeichnet als Unfälle außerorts. Außerdem zeichnen sich Unfälle außerorts durch einen höheren Anteil an Alleinunfällen aus als innerorts. (19)

Der Fokus dieser Arbeit auf innerstädtische Unfälle stellt ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zu Arbeiten aus anderen deutschen Großstädten wie Hamburg und München dar (20, 21), welche auch außerstädtische Gebiete eingeschlossen haben, die sich durch andere Unfallumstände und -mechanismen, wie Unfälle mit hohen Geschwindigkeiten, auszeichnen. Ein weiterer Gesichtspunkt besteht innerstädtisch in der besseren Traumaversorgung durch kürzere Anfahrtszeiten der Rettungskräfte, welche zu einer schnelleren essenziellen präklinischen Versorgung der schwerverletzten Radfahrer führt. Durch den Fokus auf innerstädtische Unfälle kann der Faktor der außerstädtisch stark variierenden Anfahrtszeiten vernachlässigt werden, sodass der unmittelbare Zusammenhang zwischen dem Versterben und dem Unfallmechanismus stärker zum Tragen kommt als in ländlichen Regionen. (22)

Ein Vorteil dieser retrospektiven Analyse ist eine umfangreiche Zusammentragung aus Obduktionsprotokollen, Ergebnissen der postmortalen Computertomographie, Ergebnissen der chemisch-toxikologischen Untersuchungen, Angaben aus polizeilichen Ermittlungsakten und ggf. auch Ergebnissen der neuropathologischen und histopathologischen Untersuchungen, vorhandenen Behandlungsunterlagen und Unfallrekonstruktionsgutachten. Besonders hervorzuheben ist, dass in fast allen Fällen Sektionsdaten sowie Daten der postmortalen Computertomographie vorlagen, da ab Herbst 2011 eine Neuausrichtung der Verkehrsunfallaufnahme in Berlin bei schweren Personenschäden erfolgte, welche eine engere Zusammenarbeit aller an der Unfallaufnahme und Unfallrekonstruktion beteiligten Bereiche sowie die Behandlung des Unfallortes als „Tatort“ vorsieht. In diesem Rahmen werden neben spezialisierten polizeilichen Verkehrsunfallkommandos und Fachabteilungen der Amts- bzw. Staatsanwaltschaft frühzeitig Kräfte des LKA sowie Sachverständige der Rechtsmedizin und der Verkehrsunfallrekonstruktion einbezogen. Seitdem werden zudem vor jeder Obduktion computertomographische Untersuchungen tödlich verunglückter Verkehrsteilnehmer durchgeführt. Seit dieser Neuausrichtung sollte in der Regel jeder tödlich verunglückte Radfahrer im Konsens mit der Staatsanwaltschaft obduziert und vorher computertomographisch untersucht werden (10).

Diese umfangreiche Zusammentragung zeichnet sich gegenüber bereits publizierten Arbeiten (20, 21, 23-26) insbesondere durch die Nutzung der postmortalen Computertomographie aus, welche eine zusätzliche Genauigkeit der ohnehin bereits gewissenhaften Untersuchung im Rahmen der Obduktion bietet. Die Erfassung relevanter Daten aus oben genannten Quellen in tabellarischer Form bietet einen Standard für Vergleichbarkeit.

Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Daten ergaben sich aus der unterschiedlichen Qualität der vorhandenen Daten, v.a. bezüglich der Angaben zur Beleuchtung des Fahrrads, zum Helmtrageverhalten, zur Kleidung der Radfahrer und zu den Licht- und Bodenverhältnissen zum Unfallzeitpunkt.

4.1.2 Auswertungsmethode

In dieser Arbeit wurden bei Auswertung der Verletzungsmuster nicht nur einzelne Körperteile voneinander unterschieden, sondern es erfolgte zudem eine Unterteilung der Körperregionen in Organe, Skelett und Haut, um genauere Ergebnisse zu erhalten, aber auch um unterschiedliche Qualitäten der Verletzungen zu berücksichtigen. So sind bspw. Organverletzungen relevanter als Hautverletzungen. Diese Erfassung ermöglichte zudem eine exaktere Zuordnung zum jeweiligen Unfallmechanismus. Hierbei wurde bewusst auf bestehende Auswertungssysteme der Verletzungsschwere, wie dem AIS (Abbreviated Injury Scale), MAIS (Maximum abbreviated Injury Score) oder ISS (Injury Severity Score), verzichtet, da der AIS und die anderen auf ihm aufbauenden Scores eher Werkzeuge sind, welche mit Blick auf überlebende Patienten entwickelt wurden (27). Somit verlieren sie an Aussagekraft in einer Gruppe bestehend aus nur tödlich verletzten Personen, da diese alle mindestens einmal den Maximalscore erhalten würden. Zu einem ähnlichen Schluss kam Kanduth-Grahl in einer medizinischen Dissertation aus Hamburg, welche sich mit tödlich verunglückten Radfahrern und näher mit dem Einsatz verschiedener Scores zur Erhebung der Verletzungsschwere beschäftigt hat. Er stellte fest, dass sich die auf dem AIS basierenden Scores nicht für eine retrospektive Auswertung tödlich Verunglückter eignen und die Anwendung der einzelnen Scores teilweise zu divergierenden Ergebnissen führt (20). Eine Münchener Studie untersuchte ebenfalls die Genauigkeit des AIS, basierend auf Obduktionsdaten, bei Kopfverletzungen und kam zu einem ähnlichen Ergebnis. Basierend auf Obduktionsdaten konnte in fast 20% der AIS nicht detailliert genug ermittelt werden, welches sich auf die anschließende ISS Berechnung auswirkte (28). Diese Scores werden vor allem zur Verbesserung des Gesundheitsmanagements von überlebenden Patienten bzw. zur Verbesserung von Sicherheitssystemen in Kraftfahrzeugen etc. benutzt, allerdings im Hinblick auf alle Betroffenen und nicht nur tödlich Verunglückte (27). Interessant wären diese Scores im Vergleich mit überlebenden Radfahrern. In einer Auswertung mit ausschließlich tödlich verletzten Radfahrern scheinen sie jedoch nicht optimal bzw. unangemessen.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Verunglückte Fahrradfahrer

4.2.1.1 Diskrepanzen zur Polizeistatistik

Um alle tödlich verunglückten Radfahrer im Berliner Stadtgebiet der Jahre 2011-2016 zu erfassen, wurden die Archive der Berliner rechtsmedizinischen Institute mit den offiziellen Zahlen der Polizeistatistik abgeglichen.

Dieses Vorgehen war hilfreich, da in der Polizeistatistik für den Erhebungszeitraum 72 Fälle erfasst und in den rechtsmedizinischen Instituten Berlins 74 Radfahrer obduziert worden waren, die im Stadtgebiet verunglückt waren. Insgesamt wurden auf diese Weise 76 tödliche verunglückte Fahrradfahrer im Erhebungszeitraum detektiert.

Diese geringfügigen Abweichungen zwischen offiziellen Zahlen der Polizeistatistik und Obduktionszahlen der Rechtsmedizin sind als Erfolg der engeren Zusammenarbeit seit der Neuausrichtung der Unfallaufnahme mit schweren Personenschäden im Herbst 2011 zu werten.

Die vier nicht in der Polizeistatistik erfassten Fälle lassen sich über die Besonderheiten der Umstände der Unfälle erklären.

Ein Fahrradfahrer verstarb 52 Tage nach dem Unfall an den Unfallfolgen und damit außerhalb der für das Unfallstatistikgesetz relevanten 30 Tage. Ein weiterer Fahrradfahrer stürzte aufgrund einer akuten atraumatischen Carotidisdissektion, sodass dieser Fall wahrscheinlich nicht als Unfall gewertet und daher nicht in die Polizeistatistik aufgenommen wurde. Eine Radfahrerin hatte sich beim Sturz eine Kopfprellung zugezogen, danach aber eine Behandlung durch den gerufenen RTW abgelehnt. Sie wurde am Abend bewusstlos zu Hause aufgefunden und verstarb am nächsten Tag im Krankenhaus, ohne in der Zwischenzeit das Bewusstsein wiedererlangt zu haben. In diesem Fall wurde die Polizei erst im Nachhinein über den Unfall informiert.

Ein weiterer Radfahrer stürzte auf dem Gebiet des ehemaligen Flughafens Berlin-Tempelhof, weil ein Kiteskiteboardschirm auf ihn fiel. Wahrscheinlich ging dieser Unfall nicht in die Polizeistatistik ein, weil er sich außerhalb des öffentlichen Straßenlandes ereignete. Allerdings kam auch ein weiterer Radfahrer auf dem Gebiet des ehemaligen Flughafens Berlin-Tempelhof krankheitsbedingt zu Sturz, sodass sich die Frage stellt, warum nicht auch zwei der oben genannten Fälle in die Polizeistatistik aufgenommen wurden. Es könnte sich um Einzelfälle handeln, in denen eine

Aufnahme in die Polizeistatistik lediglich vergessen wurde oder aber um Unsicherheit bezüglich der Kriterien, welche Fälle als Verkehrsunfälle zu werten seien.

Die maximal 30 Tage zwischen Unfall und Versterben als Grundlage des Unfallstatistikgesetzes führten in dieser Arbeit zu keinem nennenswerten Bias für diese Stichprobe, da es nur in einem Fall zu einem Versterben nach 30 Tagen kam. Vielmehr ist davon auszugehen, dass im Rahmen der ärztlichen Leichenschau der Bezug zu einem Unfall nicht mehr hergestellt wurde und somit einige tödlich verunglückte Radfahrer der Erfassung entgangen sind, da ihr Versterben nicht mehr zur Anzeige kam und sie daher bei der Polizei womöglich nur als schwer verletzte Radfahrer in die Statistik eingegangen sind (29).

Die zwei nicht obduzierten Radfahrer wurden seitens der Staatsanwaltschaft nicht zur Obduktion angeordnet. In diesen Fällen konnten zwar demographische Daten und Daten bzgl. der Unfallentstehung ausgewertet werden, allerdings konnte keine Auswertung von Ergebnissen erfolgen, die aus den Obduktionen gewonnen werden, wie Verletzungsmuster oder Ergebnisse chemisch-toxikologischer Untersuchungen.

4.2.1.2 Alter und Geschlecht

Im Erhebungszeitraum von 2011- 2016 verunglückten in Berlin etwa doppelt so viele Männer (65,8 %) wie Frauen (34,2 %) tödlich mit dem Fahrrad. Fast die Hälfte der Verunglückten (47,4 %) waren dabei zum Unfallzeitpunkt über 60 Jahre alt. Am häufigsten waren Radfahrer der 7. Lebensdekade, gefolgt von der 8. Lebensdekade betroffen.

Aufgeschlüsselt nach Geschlechtern, gab es bei Männern zwei Altersspitzen: die 7. Lebensdekade, gefolgt von der 3. Lebensdekade.

Frauen waren am Häufigsten in der 8., gefolgt von der 7. Lebensdekade betroffen. Diese höhere Anzahl tödlich verunglückter männlicher Radfahrer gegenüber weiblichen Radfahrern könnte durch eine erhöhte Risikobereitschaft von Seiten der Männer erklärt werden und spiegelt sich zudem im 2. Altersgipfel der Männer in der 3. Lebensdekade wider.

Ein Vergleich mit anderen Arbeiten aus Berlin(23, 24, 26) bietet sich an, um Geschlechter, sowie Altersverteilung zu betrachten.

Hierbei bestätigt sich, dass Männer generell deutlich häufiger betroffen sind als Frauen. Im Zeitraum von 1993-2004 (23) handelte es sich in 61,7 % um Männer und in 38,3 % um Frauen und im Zeitraum von 2000-2009 (24, 26) waren 60,6 % Männer und 39,4 % Frauen.

Das Alter tödlich verunglückter Fahrradfahrer stieg im Verlauf der Jahre an. 1993-1998 lag der Anteil tödlich verunglückter Fahrradfahrer ab dem 50. Lebensjahr nur bei etwa einem Drittel und ab dem 60. Lebensjahr bei nur 18,7 %. 1999-2004 waren bereits über die Hälfte der tödlich verunglückten Fahrradfahrer über 50 Jahre und fast ein Drittel über 60 Jahre alt (23). In dieser Erhebung von 2011-2016 waren bereits fast die Hälfte der tödlich verunglückten Radfahrer über 60 Jahre alt.

1993-1998 war die 3., gefolgt von der 5. Lebensdekade am häufigsten betroffen, von 1999-2004 die 6., gefolgt von der 7. Lebensdekade (23), 2000-2009 waren Radfahrer der 6. und 7. Lebensdekade gleich stark am häufigsten betroffen (24, 26) und in der vorgelegten Studie von 2011-2016 waren Radfahrer der 7. Lebensdekade, gefolgt von der 8. Lebensdekade am häufigsten betroffen.

Interessant ist, dass sich in der Erhebung von Unfällen von 2000-2009 (24, 26) zwei Altersgipfel für Frauen finden: eine in der 7. und eine in der 4. Lebensdekade.

Ein Grund für das zunehmende Alter tödlich verunglückter Fahrradfahrer könnte das generelle demographische Altern in Deutschland sein, aber auch die Tatsache, dass Menschen im Alter immer aktiver bleiben. Aufgrund altersbedingter Defizite des Reaktions- und Wahrnehmungsvermögens stellen sie allerdings eine Risikogruppe innerhalb der Radfahrer dar (19).

Ein Blick auf die Ergebnisse aus Hamburg von 1983-2001 (20) zeigt ebenfalls, dass Männer etwa doppelt so häufig (67,8 %) tödliche Fahrradunfälle erlitten wie Frauen (32,2 %). Radfahrer dieser Studie verunglückten sogar am häufigsten in der 8. Lebensdekade, gefolgt von der 7. Lebensdekade.

Auch in einer Arbeit aus München der Jahre 2003-2008 (21) waren 64,6 % der tödlich verunglückten Radfahrer Männer und 35,4 % Frauen. 30,2 % der tödlich verunglückten Radfahrer waren 75 Jahre und älter, was einen großen Anteil älterer verstorbener Radfahrer auch in dieser Großstadt bestätigt.

4.2.1.3 Zeitliche Verteilung der Unfälle

Betrachtet man die Monate im Jahresverlauf, so fanden jeden Monat tödlich verlaufene Fahrradunfälle statt. Die meisten ereigneten sich im April und Oktober, gefolgt von Juli, während die wenigsten Radfahrer im Januar, gefolgt von Februar und März tödlich verunglückten. Dieser Eindruck bestätigte sich mit Blick auf die Verteilung der Unfälle im Verlaufe der meteorologischen Jahreszeiten. Im Frühling, Sommer und Herbst fanden jeweils etwa 30 % der tödlich verlaufenen Fahrradunfälle und nur etwa 10 % im Winter statt. Diese Abweichung lässt sich mit einem geringeren Fahrradfahreraufkommen während der für das Radfahren unattraktiveren Wintermonate erklären (30). Andererseits kann man im Winter von einem erhöhten Unfallpotenzial aufgrund der schlechteren Sicht- und Bodenverhältnisse durch Dunkelheit und schlechteres Wetter ausgehen. Dies wird bestätigt durch eine von der Versicherung CosmosDirekt in Auftrag gegebenen Forsa-Studie, welche ergab, dass nur 23 % der Fahrradfahrer ganzjährig unterwegs sind (31). Eine Arbeit über tödlich verlaufene Fahrradunfälle in Berlin im Zeitraum von 2000-2009 zeigte ebenfalls einen mit 13,9 % geringeren Anteil tödlich verlaufener Fahrradunfälle im Winter. Die häufigsten tödlich verlaufenen Fahrradunfälle fanden hier im Sommer mit 36,5 % statt (24, 26).

Auch in einer Arbeit über tödlich verlaufene Fahrradunfälle in Berlin im Zeitraum von 1993-2004 fanden nur 12,4 % der Unfälle im Winter statt, während es in 35,9 % der Fälle und damit am häufigsten im Sommer zu Unfällen kam (23).

Während also von 1993-2004 und von 2000-2009 in Berlin eine höhere Unfallrate der tödlichen Fahrradunfälle im Sommer verzeichnet wurde, zeigte sich in dieser Arbeit von 2011-2016 dagegen eine gleichmäßige Verteilung der Unfälle auf Frühling, Sommer und Herbst. Mögliche Begründungen ließen sich zum einen in steigendem Umweltbewusstsein und zum anderen in steigenden Kosten für Tickets des öffentlichen Personennahverkehrs (32) finden, welche die Menschen dazu bewegen könnte, im Jahresverlauf länger mit dem Rad zu fahren und nur bei absolut unpassenden Bedingungen, wie im Winter mit Glatteisgefahr, auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen. Wie auch in den Arbeiten von 1993-2004 und von 2000-2009 fanden im Zeitraum von 2011-2016 die wenigsten Unfälle im Winter statt (23, 24, 26).

Im Wochenverlauf fanden die meisten tödlich verlaufenen Unfälle an Donnerstagen statt. Dies betraf rund ein Viertel aller Fälle. Die wenigsten Unfälle wurden an Sonntagen verzeichnet. Lediglich ca. 5 % aller Unfälle fielen auf diesen Tag. Etwa 20 % der Unfälle fanden am Wochenende statt. Interessant hierbei ist jedoch, dass die Häufigkeit der Unfälle an Samstagen (14,5 %) etwa genauso groß war, wie an Dienstagen (14,5 %), Mittwochen (15,8 %) oder Freitagen (13,2 %) und häufiger als an Montagen (10,5 %). Eine generelle Abnahme der Unfallhäufigkeiten an Wochenenden gegenüber Wochentagen muss daher verneint werden. Vielmehr steht die geringe Häufigkeit von tödlich verlaufenen Fahrradunfällen an Sonntagen in Kontrast zu allen anderen Wochentagen.

Im Zeitraum von 2000-2009 war jedoch ein Unterschied zwischen Werktagen und Wochenende zu sehen. Hierbei fanden die wenigsten Unfälle samstags (2,2 %) statt. Am gesamten Wochenende kam es zu 11 % der Unfälle, sodass es am gesamten Wochenende zu weniger Unfällen kam als an jedem einzelnen Werktag. Anteile der Unfälle an Werktagen bewegten sich zwischen 15,3 % (montags) und 19,0 % (jeweils mittwochs und donnerstags) (24, 26).

Auch im Zeitraum von 1993-2004 gab es deutlich weniger tödlich verlaufene Radfahrurufälle an Wochenenden als Wochentags. So fanden am gesamten Wochenende nur 13,4 % der Unfälle statt. Samstag und Sonntag waren hierbei gleich häufig betroffen. Die meisten Unfälle gab es in diesem Zeitraum mittwochs (23,5 %) (23).

Geringere Häufigkeiten von Unfällen an Wochenenden wären zu erwarten gewesen, da der werktags übliche Berufsverkehr und v.a. der Lkw-Verkehr dann größtenteils entfällt (33). Dass tödlich verlaufende Fahrradunfälle samstags nicht seltener waren, scheint dahingegen unplausibel, da sowohl weniger Pkws und Lkws als auch weniger Fahrradfahrer an Samstagen auf den Berliner Straßen unterwegs sind. (3, 33)

Das geringere Auftreten tödlicher Unfälle an Sonntagen muss allerdings auf das Fehlen von Lkws im Verkehr dank Lkw-Fahrverboten (34) zurückgeführt werden, da es kaum Unterschiede am Verkehrsaufkommen von Fahrradfahrern zwischen Sonntag und Samstag gibt und der Anteil an Pkw auf den Straßen zwar geringer als werktags, jedoch noch relativ hoch ist (3, 33).

Um die Verteilung der Unfälle im Tagesverlauf zu beurteilen, bedurfte es einer sinnvollen Einteilung, welche verschiedene Abschnitte des Tages entsprechend

repräsentiert. Es wurde sich für eine 4-Stunden-Taktung entschieden, welche den Tagesverlauf in Kategorien des morgendlichen Berufsverkehrs (4:00-7:59 Uhr), des Verkehrs während der gängigen Arbeitszeiten (8:00-11:59 Uhr und 12:00-15:59 Uhr), des Feierabendverkehrs (16:00-19:59 Uhr) und des Verkehrs während der Nacht (20:00-23:59 Uhr und 0:00-3:59 Uhr) aufschlüsselt. Diese Einteilung wurde für das Wochenende beibehalten um auch hier, insbesondere mit Blick auf die relativ hohe Zahl von Unfällen an Samstagen, die Erkennung unfallträchtiger Tageszeiten zu ermöglichen.

Montags, mittwochs und donnerstags kam es am häufigsten zwischen 8:00-11:59 Uhr zu tödliche verlaufenen Radfahrerunfällen. Freitags kam es zu dieser Uhrzeit genauso häufig zu Unfällen wie zwischen 12:00-15:59 Uhr. An diesen Tagen fanden am zweithäufigsten Unfälle zwischen 12:00 -15:59 Uhr statt. Werktags kam es lediglich dienstags zu einer anderen Verteilung der Unfallhäufigkeiten. Hier könnte man von einer zufälligen Abweichung ausgehen. Ein Blick auf die anderen Werkstage zeigt, dass es wesentlich häufiger zu Unfällen während der gewöhnlichen Arbeitszeiten zwischen 8:00-15:59 Uhr, als zu Zeiten des morgendlichen Berufsverkehrs oder Feierabendverkehrs, wenn sich mehr Verkehrsteilnehmer auf den Straßen bewegen, kam.

Mögliche Begründungen lassen sich zum einen darin finden, dass Lkws während der gewöhnlichen Arbeitszeiten Berliner Geschäfte beliefern und sich daher zu diesen Zeiten vermehrt Lkws auf den Straßen befinden (33), zum anderen kann eine mögliche Ursache in der Altersdemographie, wie auch in der Statistik des Alters tödlich verletzter Radfahrer liegen, da der Altersmedian der hier untersuchten Radfahrer bei 60 Jahren lag. Bei einer näheren Betrachtung zeigt sich, dass 82,1 % der über 65-Jährigen zwischen 8:00-15:59 Uhr verunglückten, allerdings waren bei den unter 65-Jährigen immerhin noch 52,1 % während dieser Uhrzeiten betroffen.

Samstags bot sich ein anderes Bild. Hier fanden Unfälle v.a. zwischen 12:00-19:59 Uhr statt. Eine mögliche Ursache könnte sein, dass an Samstagen der öffentliche Verkehr später zum Höhepunkt kommt (33). An Sonntagen fanden so wenig Unfälle statt, dass sich kein Muster der tageszeitlichen Verteilung erkennen ließ.

Mit anderen Berliner Arbeiten lässt sich die Verteilung der Unfälle im Tagesverlauf aufgrund unterschiedlicher Einteilungen der Zeiträume nicht vergleichen (23, 24, 26).

4.2.1.4 Überlebensdauer

Von den 76 tödlich verunglückten Radfahrern starben 52,6 % innerhalb der ersten Stunde und weitere 11,8 % innerhalb der übrigen ersten 24 Stunden. Knapp zwei Drittel überlebten daher nicht die ersten 24 Stunden nach dem Unfall. Dies zeigt, dass bei der Mehrheit der tödlich verlaufenden Unfälle der Tod kurz nach dem Unfall eintrat. 22,4 % verstarben in der restlichen ersten Woche nach dem Unfall, 11,8 % im Laufe des ersten Monats (30 Tage) nach dem Unfall und eine Person (1,3 %) verstarb nach 52 Tagen und damit nach den für das Unfallstatistikgesetz festgesetzten verstrichenen 30 Tagen (9). Dies führt dazu, dass dieser Fall in keiner Unfallstatistik erfasst werden würde, obwohl die Person aufgrund eines Verkehrsunfalls verstorben ist. Ein Vergleich mit Zahlen von 2000-2009 zeigt ähnliche Ergebnisse. In diesem Zeitraum waren lediglich mehr Radfahrer (5,8 %) nach 30 Tagen verstorben (24, 26).

4.2.1.5 Sterbeort

Fast die Hälfte (46,1 %) der tödlich verunglückten Radfahrer verstarben noch am Unfallort und 2,6 % verstarben während des Transportes ins Krankenhaus. Im Krankenhaus verstarben etwas mehr als die Hälfte (51,3 %): 6,6 % in der Rettungsstelle und 44,7 % stationär. 2000-2009 verstarben dagegen nur knapp ein Drittel (32,8 %) noch am Unfallort, einer (0,7 %) während des Transportes und zwei Drittel (66,4 %) im Krankenhaus. (24, 26)

Im Zeitraum von 2011-2016 verstarben im Vergleich zu 2000-2009 prozentual weniger Radfahrer im Krankenhaus und mehr am Unfallort, was auf eine inzwischen verbesserte Traumaversorgung schließen lässt, da Radfahrer, welche die ersten 24 h überlebt haben, scheinbar mittlerweile eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, den erlittenen Unfall zu überleben.

4.2.1.6 Unfalldaten

Ein wesentlicher Unterschied dieser Arbeit zu bereits bestehenden Arbeiten zu diesem Thema besteht in der Erfassung nicht nur klassischer rechtsmedizinischer, sondern auch radiologischer, technischer und unfallgutachterlicher Aspekte.

4.2.1.6.1 Unfallhergang/Kontaktart

Eine Einteilung der Unfallhergänge erfolgte dahingehend, ob der erste Kontakt der Unfallgegner durch einen Anprall mit direkter Krafteinwirkung auf den Körper des Radfahrers stattfand oder ob der Radfahrer ohne direkte Krafteinwirkung, wie bspw. durch eine Touchierung des Fahrrades mit damit verbundenem Kontrollverlust oder durch abruptes Bremsen, stürzte. Hierbei zeigte sich, dass es sich in der Hälfte der Fälle um Unfälle mit Krafteinwirkung und in der anderen Hälfte um Unfälle ohne direkte Krafteinwirkung handelte. Ein typischer Unfall ohne direkte Krafteinwirkung ist der Unfall mit rechtsabbiegenden Lkws und geradeausfahrenden Fahrradfahrern. Hierbei bemerkt der Fahrradfahrer häufig, dass der Lkw abbiegt, ohne dem Radfahrer Vorfahrt zu gewähren, sodass der Radfahrer anhält bzw. versucht auszuweichen, wird aber durch den Lkw während des Abbiegens ohne große Krafteinwirkung umgestoßen und kommt zu Fall, in dessen Folge es dann zur Überrollung des Radfahrers kommt.

4.2.1.6.2 Unfalltypen

4.2.1.6.2.1 Einstellige Unfalltypen

Die Konfliktsituationen der Verkehrsteilnehmer, welche den Unfall provozierten, wurden als sogenannte Unfalltypen gemäß des GIDAS-Codebooks (German In-Depth Accident Study) zur Unfallrekonstruktion klassifiziert (16).

Am häufigsten kam es zu Abbiegeunfällen (44,7 %) und Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen (27,6 %). Die Mehrzahl der Unfälle mit tödlichem Ausgang für Fahrradfahrer fand daher im Bereich von Kreuzungen und Mündungen statt. Auch ein Großteil aller registrierten Fahrradunfälle fällt laut der „Zeitschrift für Verkehrssicherheit“ in diese beiden

Unfalltypen (19).

4.2.1.6.2.2 Erweiterte dreistellige Unfalltypen

Eine detailliertere Auswertung des einstelligen Unfalltyps bietet der dreistellige Unfalltyp, welcher sich aus einer dreistelligen Zahl und einer Abkürzung einer der Kategorien des einstelligen Unfalltyps zusammensetzt.

Der häufigste erweiterte Unfalltyp war „243-AB Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung“. Infolge dieser Konfliktsituation eines Rechtsabbiegers, der in allen Fällen ein Lkw war, und eines Radfahrers, der vom Radweg aus der gleichen Richtung kommend, geradeaus über die Kreuzung fahren wollte und Vorfahrt hatte, starben 22,4 % der Radfahrer.

Am zweihäufigsten war der erweiterte Unfalltyp „399-EK sonstiger Einbiege-/Kreuzen-Unfall“ mit 10,5 %. In jeweils 6,6 % kam es zu den erweiterten Unfalltypen „299-AB sonstiger Abbiegeunfall“ und „224-AB Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung“.

Auffällig war, dass Konfliktsituationen mit Radfahrerbeteiligung in einem Viertel der Fälle nicht spezifisch codiert werden konnten und daher in Kategorien wie „199-F sonstiger Fahrnunfall“, „299-AB sonstiger Abbiegeunfall“, „399-EK sonstiger Einbiege-/Kreuzen-Unfall“, „599-RV sonstiger Unfall im ruhenden Verkehr“, „699-LV sonstiger Unfall im Längsverkehr“ oder „799-SO sonstige übrigen Unfälle“ eingeordnet werden mussten. Als Hauptgrund hierfür kann gelten, dass die Codierung häufig ein regelkonformes Verhalten der Radfahrer entsprechend der StVO voraussetzt. Zwar sind Konfliktsituationen in das GIDAS-Codebook aufgenommen, in denen Radfahrer vom Radweg aus der Gegenrichtung kommen, jedoch nicht solche, in denen Radfahrer vom Gehweg kommend die Kreuzung überqueren. Wären solche Szenarien im Codesystem mit aufgenommen, hätten knapp 20 % mehr Konfliktsituationen spezifisch codiert werden können und lediglich 5 % wären weiterhin aufgrund der Besonderheiten der Umstände nicht codierbar.

Wünschenswert wäre eine Erweiterung der Codierungen von Konfliktsituationen, ähnlich der Codierung für Situationen, in denen Radfahrer vom Radweg oder der Straße kommen, um Situationen, in denen Radfahrer vom Fußweg kommend die Kreuzung überqueren. Selbst bei Unfällen, bei denen der Radfahrer vom Radweg kam,

wurden Codierungslücken festgestellt. So wird bei der Codierung der erweiterten Unfalltypen bisher davon ausgegangen, dass der Radfahrer vom Radweg kommend Vorfahrt hat und der andere Verkehrsteilnehmer wartepflichtig ist. Radfahrer können auf dem Radweg jedoch auch wartepflichtig sein, wenn sie beispielsweise durch eine rot abstrahlende Lichtsignalanlage zum Warten verpflichtet sind.

4.2.1.6.3 Unfallbeteiligte

Da es sich in 96,1 % um Unfälle mit Fremdbeteiligung handelte, lohnt sich ein Blick auf die Unfallgegner. Die häufigsten Unfallgegner waren mit 40,8 % aller Fälle Lkws, gefolgt von Pkws mit 36,8 %. Andere Unfallgegner, wie Straßenbahnen, Fahrräder, Busse und sogar in jeweils einem Fall Fußgänger, Radlader oder Kite-Skateboarder, waren deutlich seltener an tödlichen Unfällen mit Radfahrern beteiligt. Besonders auffällig ist besonders der hohe Anteil an Unfällen mit Lkw-Beteiligung, da deutlich weniger Lkws als Pkws auf den Berliner Straßen unterwegs sind. Dies verdeutlicht die Dringlichkeit der Analyse und Prävention unfallträchtiger Verkehrssituationen von Radfahrern und Lkws.

4.2.1.6.4 Korrelation der Anprallseite und Unfallgegner

Betrachtet man die Seite des ersten Kontaktes so fällt auf, dass sich dieser in der Mehrheit bezüglich des Radfahrers von links ereignete.

Bei Unfällen von Radfahrern mit Pkws betraf dies in 57,1 % einen Anprall von links, in 3,6 % einen Anprall von links hinten und in 3,6 % eine Touchierung auf der linken Seite.

Bei Unfällen von Radfahrern mit Lkws fand in fast zwei Drittel (64,5 %) eine Touchierung von links statt, welche den Radfahrer zu Sturz brachte und in 12,9 % kam es zum Anprall von links.

Bei Unfällen von Radfahrern mit Straßenbahnen war in allen Fällen die linke Körperseite Stelle des Erstkontaktes.

4.2.1.6.5 Art des Fahrrades

Die Erfassung der Art des Fahrrades ist wichtig für die Rekonstruktion der Unfallmechanismen anhand der Verletzungen, sowie auch für die kritische Prüfung der Möglichkeit des schnellen Absteigens oder der Behinderung des schnellen Absteigens in Gefahrensituationen.

Hierbei erfolgte eine Einteilung in Damenfahrräder mit niedrigem Rahmen zum einfacheren Auf- und Abstieg, Herrenrädern mit höherem, waagerechten Rahmen, Mountainbikes mit waagerechtem Rahmen, Federung und breiteren Reifen, Elektrofahrräder, Liegeräder, welche im Verkehr durch andere Verkehrsteilnehmer häufig nur noch durch ein Fähnchen wahrgenommen werden können und dem Radfahrer aufgrund seiner durch die Vorpositionierung der Beine nach hinten verschobenen, sowie seiner niedrigen Kopfposition keinen guten Überblick über den Verkehr ermöglichen, sowie Single Speed Fahrräder, welche nur über einen starren Gang ohne Freilauf und häufig nicht über zusätzliche Bremsen außer der direkten negativen Kraftübertragung (rückwärts) verfügen. Außerdem sind sie beim Anfahren durch die fehlende Gangschaltung und den daraus resultierenden relativ schweren Start weniger mobil.

Am häufigsten fuhren tödlich verunglückte Fahrradfahrer in dieser Erhebung mit Damenfahrrädern (42,1 %), welche aufgrund des bequemeren Auf- und Absteigens häufig auch von Herren gewählt wurden.

Nur zweimal handelte es sich um Elektrofahrräder, beide im Damenraddesign und eins davon dreirädrig. Durch die Zunahme an Elektrofahrrädern, welche 2015 bereits ca. 12,5 % aller verkauften Fahrräder ausmachten (35), ist in Zukunft auch mit einer Zunahme an tödlich verunglückten Radfahrern, welche Elektrofahrräder fahren, zu rechnen. Denn nach Berechnungen der Versicherung Allianz ist das Todesrisiko auf Elektrofahrrädern dreimal höher als auf nichtmotorisierten Fahrrädern (36).

Trotz ihres hohen Unfallpotenzials kam es nur in jeweils einem Fall zu tödlichen Unfällen mit einem Liegerad und einem Single Speed Rad. Dies lässt sich jedoch auf die geringe Anzahl dieser Fahrradarten auf den Straßen im Studienzeitraum zurückführen.

Letztendlich muss jedoch angemerkt werden, dass man für die Summe der betrachteten Fälle nicht sicher ableiten kann, welcher Fahrradtyp häufiger zu Unfällen

führt als andere, v.a. vor dem Hintergrund, dass Damenräder zu den beliebtesten Rädern gehören und daher auch viele Radfahrer mit Damenrädern verunglückt sind.

4.2.1.6.6 Technische Sicherheit und Beeinträchtigungen

Problematisch in der Auswertung der technischen Sicherheit der Fahrräder waren die spärlichen Angaben in den zugehörigen Polizeiberichten, da Angaben wie Fahrradbeleuchtung und Bremsvorrichtung des Fahrrades nicht standardisiert in allen Bezirken Berlins von der Polizei erfasst werden. So fanden sich nur in 14 Fällen Angaben zur Fahrradbeleuchtung und in 9 Fällen Angaben zur Bremsvorrichtung. In 9 von 14 Fällen war die Angabe zur Beleuchtungseinrichtung des Fahrrads aufgrund von Dunkelheit oder Dämmerung zum Unfallzeitpunkt relevant. Von diesen 9 Fällen war in drei Fällen trotz Dunkelheit oder Dämmerung keine Beleuchtung am Fahrrad vorhanden. Von allen erhobenen Unfällen handelte es sich in insgesamt 15 Fällen um Unfälle bei Dämmerung oder Dunkelheit, sodass in 6 Fällen relevante Angaben zum Vorhandensein und Zustand von Beleuchtungseinrichtungen am Fahrrad fehlten. Angaben zu Bremsvorrichtungen des Fahrrades wurden in 9 Fällen gemacht. In zwei dieser Fälle waren die Bremsen nicht voll funktionsfähig.

Aufgrund häufig fehlender Angaben zur technischen Sicherheit der Fahrräder lassen sich keine Schlussfolgerungen bezüglich der tatsächlichen Häufigkeit von tödlich verlaufenen Unfällen treffen, welche durch Mängel der technischen Sicherheit beeinflusst oder gar ausgelöst worden sein könnten.

Laut einer durch die Versicherung CosmosDirekt in Auftrag gegebenen Forsa-Studie fahren zwar 95 % der Radfahrer mit zwei unabhängig voneinander wirkenden Bremsen, jedoch kontrollieren nur 57 % die Bremsen regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit und nur jeder Dritte lässt regelmäßige Checks in Fahrradwerkstätten durchführen. Eine Fahrradbeleuchtung ist laut dieser Studie immerhin in 90 % für Rücklicht und in 85 % für Frontscheinwerfer vorhanden (37). Abgesehen von technischen Mängeln könnten Radfahrer in drei Fällen durch Kopfhörer und in einem Fall durch ein Glasauge in ihrer Wahrnehmung beeinträchtigt gewesen sein.

Auch von Seiten der Unfallgegner gab es Einflüsse, die zum Unfall beigetragen haben könnten, wie schlechtere Sicht durch Dekorationselemente in Lkw-Fahrerkabinen,

Nutzung des Handys am Steuer oder Fahren unter Alkoholeinfluss.

In nur 9 Fällen gab es Angaben zu Fahr- und Bremsproben des Unfallgegnerfahrzeuges, welche in allen 9 Fällen ohne Beanstandungen waren.

4.2.1.6.7 Helmtrageverhalten

Entsprechend den Angaben zur technischen Sicherheit der Fahrräder werden auch Angaben zum Tragen eines Helmes der tödlich verunglückten Fahrradfahrer nicht in allen Bezirken Berlins standardisiert in der Unfallaufnahme durch die Polizei erfasst. So konnten in 57,9 % keine belastbaren Angaben zum Helmtrageverhalten in den staatsanwaltschaftlichen Ermittlungsakten gefunden werden. In der bereits vorliegenden Arbeit zu tödlichen Fahrradunfällen in Berlin von 2000-2009 wurden nur in etwa 20 % der erfassten Fälle keine Angaben zum Helmtrageverhalten gemacht (24, 26). Diese Angaben müssen in Frage gestellt werden, da sich die Unfallaufnahme in den letzten Jahren und v.a. nach der 2011 beschlossenen Neuausrichtung der Verkehrsunfallaufnahme bei schweren Personenschäden in Berlin und somit auch die Datenlage erheblich verbessert hat. Auf der anderen Seite besteht keine Helmtragepflicht, sodass die zwingende Notwendigkeit einer Aufnahme des Helmtrageverhaltens in polizeiliche Berichte nicht besteht.

Von den Radfahrern, zu denen Angaben zum Helmtrageverhalten gemacht wurden, trugen 71,9 % zum Unfallzeitpunkt keinen Helm und nur 28,1 % trugen einen Helm zum Unfallzeitpunkt.

Dies deckt sich mit einer durch die Versicherung CosmosDirekt in Auftrag gegebenen forsa-Studie von 2015, laut der nur jeder dritte deutsche Radfahrer meistens einen Helm trägt (37). Eine ältere Studie von 2005 besagt noch, dass nur 6 % der Fahrradfahrer einen Helm tragen würden (38). In derselben Studie wurde ebenfalls eruiert, wie viele verunfallte Fahrradfahrer einen Helm im Zeitraum von 1999-2006 trugen. Die Anteile der helmtragenden verunfallten Fahrradfahrer schwankte hierbei zwischen 3,6 % und 14,2 %, wobei das Helmtrageverhalten über die Jahre sehr schwankte. Es nahm erst ab und dann wieder zu. Durch den kleinen Anteil an helmtragenden Fahrradfahrern in Deutschland gibt es kaum verlässliche Zahlen bzw. Studien. Die meisten Arbeiten stützen sich auf Umfragen oder verunfallte Fahrradfahrer, wobei verunfallte Fahrradfahrer nicht gleichbedeutend und

repräsentativ für die Gesamtpopulation aller Fahrradfahrer angesehen werden sollten.

4.2.1.6.8 Lichtverhältnisse und meteorologische Bedingungen

Es mag überraschen, dass sich mit 80,3 % die große Mehrheit der tödlich verlaufenen Fahrradunfälle bei Tageslicht ereigneten und dass in 88,2 % der Bodenzustand trocken war.

Auch in einer Arbeit von 2000-2009 fanden in Berlin die meisten tödlich verlaufenen Fahrradunfälle bei Tageslicht (73,7 %) statt (24, 26).

Hierbei ist anzumerken, dass es sich bei Tageslicht nicht zwangsläufig um gute Lichtverhältnisse handelt. So wurde in einem Fall die flach stehende Sonne von der Polizei als mögliches Sichthindernis angegeben. Da sich diese Angaben zu Licht- und Bodenverhältnissen auf Polizeiangaben stützten, jedoch sicher nicht Priorität bei der Bearbeitung von tödlich verlaufenen Verkehrsunfällen hatten und v.a. Lichtverhältnisse einem raschen Wandel unterliegen, können auch bei Tageslicht ungünstige Lichtverhältnisse oder bereits Dämmerung eingetreten sein. Gerade Unfälle während der Dämmerung lassen sich im Nachhinein schlecht nachvollziehen, da die Lichtverhältnisse nicht nur von der Zeit des Sonnenuntergangs, sondern auch von der Bewölkung abhängig sind.

Abgesehen davon, könnten mögliche Gründe für das geringere Auftreten von tödlich verlaufenen Fahrradunfällen bei Dämmerung, Dunkelheit und feuchtem Boden einerseits auf eine geringere Fahrradnutzung bei solchen Verhältnissen zurückgeführt werden, andererseits könnte es sich auch um vorsichtigeres und aufmerksameres Verhalten aller Verkehrsteilnehmer handeln, da man bei Dämmerung, Dunkelheit und feuchtem Boden Unfälle eher erwartet.

4.2.1.6.9 Kleidung

Angaben zu während des Unfalls getragener Kleidung wurden aus Sektionsprotokollen, polizeilichen Ermittlungsakten, Zeugenaussagen und Gutachten entnommen. Da die Kleidung jedoch nicht in allen Fällen für eine detaillierte Untersuchung in der Rechtsmedizin zur Verfügung stand, waren Aussagen zu

Sichtbarkeit, aber auch zu Spuren auf der Kleidung durch den Unfall nur eingeschränkt möglich.

In 51 der 76 Fälle konnten Angaben zur Kleidung erfasst werden. Davon waren die Angaben in 46 Fällen hinsichtlich der Erkennbarkeit auswertbar.

In 50 % der Fälle mit auswertbaren Angaben zur Kleidung waren 50 % „nicht gut sichtbar“, d.h. in schwarz, grau, beige oder Jeans gekleidet, 39,1 % waren mit farbiger Kleidung oder kontrastreich „gut sichtbar“ gekleidet und nur 10,9 % trugen Kleidung, welche Leuchtfarben oder Reflektoren aufwies und damit „sehr gut sichtbar“ war. Alle Radfahrer, die „sehr gut sichtbar“ gekleidet waren, verunglückten bei Tageslicht.

So scheinen Radfahrer mit „sehr gut sichtbarer Kleidung“, wie Leuchtfarben oder Reflektoren an ihrer Kleidung, hauptsächlich tagsüber, also bei niedrigster Wirksamkeit von Leuchtfarben oder Reflektoren, tödlich zu verunfallen.

Laut einer durch die Versicherung CosmosDirekt in Auftrag gegebenen Forsa-Studie tragen immerhin 30 % der Radfahrer reflektierende Kleidung oder Warnwesten während des Radfahrens (37). Dies steht in Diskrepanz zu den Ergebnissen dieser Arbeit, was darauf zurückzuführen sein kann, dass ein Großteil der reflektierenden Kleidung oder Warnwesten tragenden Fahrradfahrer nicht in tödliche Unfälle verwickelt wird. Somit könnte das Tragen solcher Kleidung einen protektiven Faktor hinsichtlich der Möglichkeit, einen tödlichen Verkehrsunfall zu erleiden, darstellen.

4.2.1.7 Rechtsmedizinische Erkenntnisse

4.2.1.7.1 Obduktionsergebnisse

4.2.1.7.1.1 Todesursachen

In 74 von 76 Fällen wurden die tödlich verunglückten Radfahrer obduziert. Mehr als die Hälfte (54,1 %) der obduzierten Radfahrer verstarben an einem Polytrauma. Hierbei waren die führenden Verletzungskomplexe in über der Hälfte der Fälle ein stumpfes Rumpft trauma. In knapp einem Drittel der Polytraumata war der führende Verletzungskomplex ein schweres Schädelhirntrauma.

Nach den Polytraumata war die nächsthäufige Todesursache in 39,2 % ein isoliertes Schädelhirntrauma.

Dagegen war zwischen 2000-2009 die häufigste Todesursache das

Schädelhirntrauma (52,6 %). Polytraumata waren hingegen nur in etwa einem Drittel der Fälle (34,3 %) als Todesursache festgestellt worden (24, 26).

Diese Unterschiede sind allerdings der unterschiedlichen Einteilung in Polytrauma und Schädelhirntrauma geschuldet, da in der Arbeit von 2000-2009 Fahrradfahrer mit Polytrauma, welche als führendes Verletzungsmuster ein Schädelhirntrauma vorwies, zu den Schädelhirntraumata gezählt wurden, wohingegen in dieser Arbeit von 2011-2016 Polytraumata als solche gezählt wurden und danach bezüglich ihres führenden Verletzungsmusters ausgewertet wurden.

4.2.1.7.1.2 Todesursachen nach Unfallgegnern

Betrachtet man die Todesursachen nach Unfallgegner, so sieht man, dass bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung in 63 % ein isoliertes Schädelhirntrauma und bei Unfällen mit Lkw-Beteiligung in 90 % ein Polytrauma als Todesursache festgestellt wurde. Bei den meisten Polytraumata bei Unfällen mit Lkw-Beteiligung war als führender Verletzungskomplex ein stumpfes Rumpfrauma festgestellt worden, gefolgt von schweren Schädelhirntraumata.

Dieser auffällige Unterschied der Todesursachen zwischen Unfällen mit Pkw- oder Lkw-Beteiligung verdeutlicht, dass für die Prävention tödlicher Unfälle für beide Arten von Unfällen respektive für die differenten Unfallgegner nicht dieselben Präventionsmaßnahmen greifen können. Mag zur Prävention isolierter Schädelhirntraumata das Tragen eines Helmes tödliche Unfälle verhindern (39), so ist ersichtlich, dass bei Polytraumata des Rumpfes oder schwersten Schädelhirntraumata bis hin zur Zermalmung des Kopfes einhergehenden Verletzungen, das Tragen eines Helmes den tödlichen Verlauf des Unfalles nicht verhindern würde. Daraus ergibt sich, dass technische Präventionsmaßnahmen, welche rein vom Fahrradfahrer ausgehen bzw. von diesem ergriffen werden können, nicht vor einem Großteil der tödlichen Unfallhergänge mit Lkw-Beteiligung schützen können.

Auffällig ist auch, dass Radfahrer bei Unfällen mit anderen Radfahrern als Unfallgegner in allen 4 erfassten Fällen an einem isolierten Schädelhirntrauma verstorben waren. Nimmt man zu dieser Gruppe der Radfahrer als Unfallgegner ebenfalls Alleinunfälle sowie jeweils einen Unfall mit einem Kite-Skateboarder und einem Fußgänger als Unfallgegner dazu, so war ein isoliertes Schädelhirntrauma in 6

von 8 Fällen todesursächlich. Daraus erschließt sich, dass bei Unfällen ohne Kfz-Beteiligung v.a. die Schädelhirntraumata zum Tode führten. Einschränkend muss gesagt werden, dass die Fallzahl an Unfällen ohne Kfz-Beteiligung in dieser Arbeit zu klein war, um verlässliche Aussagen treffen zu können, jedoch lässt sich eine Tendenz ableiten.

4.2.1.7.2 Ergänzende Verfahren

4.2.1.7.2.1 Computertomographie

Da seit Herbst 2011 postmortale computertomographische Untersuchungen aller Verkehrstopfer zum Standard der Neuausrichtung der Verkehrsunfallaufnahme bei schweren Personenschäden gehören (10), wurden im Rahmen dieser Arbeit ergänzend zur Obduktion in 70 Fällen pmMSCTs (postmortem multislice computed tomography) in der Rechtsmedizin durchgeführt. In einem weiteren Fall konnte auf eine im Krankenhaus durchgeführte cCT zurückgegriffen werden.

In 22 dieser Fälle konnten durch die durchgeführte CT zur Obduktion ergänzende Befunde erhoben werden. Dies machte etwa ein Drittel der CT Untersuchungen aus. Bei den zusätzlichen Befunden handelte es sich um Befunde aus drei Kategorien:

- Brüche in Bereichen, welche i.d.R. nicht ausführlich seziert werden, wie der Gesichtsbereich, das Felsenbein, die Wirbelsäule, das Wadenbeinköpfchen oder das Schlüsselbein
- Lufteinschlüsse, wie Luftembolien, Pneumothoraxe, Luftpneumothorax im Schädel und Gaseinlagerungen in der Haut
- Hirngewebsschäden

Dass in etwa einem Drittel der Fälle zusätzliche Informationen aus der CT-Untersuchung zur Obduktion gewonnen werden konnten, zeigt den Nutzen dieser zusätzlichen Untersuchung und sollte daher als positives Ergebnis der Neuausrichtung der Verkehrsunfallaufnahme bei schweren Personenschäden gesehen werden.

Obwohl eine Studie sogar zu dem Schluss kommt, dass eine pmMSCT-Untersuchung in 9 von 10 Fällen die Obduktion gänzlich ersetzen könnte (40), kommt die Deutsche Gesellschaft für Rechtsmedizin (DGRM) zu dem Ergebnis, dass pmMSCT-

Untersuchungen oft zusätzlichen Nutzen bringen, jedoch eine obligate Obduktion nicht ersetzen (41). Dies wird durch die detaillierte Erfassung insbesondere von Weichteil- und Organverletzungen durch Leichenschau und Obduktion in der vorgelegten Arbeit gestützt.

4.2.1.7.2.2 Chemisch-toxikologische Ergebnisse

In 60 Fällen lagen Ergebnisse chemisch-toxikologischer Untersuchungen vor. In den übrigen 16 Fällen war der Zeitraum zwischen Unfall und Versterben des Radfahrers zu groß, um aussagekräftige Ergebnisse durch chemisch-toxikologische Untersuchungen in der Rechtsmedizin zu gewinnen und es lagen keine chemisch-toxikologischen Untersuchungsergebnisse des jeweiligen Krankenhauses vor.

In 60 % (n = 36) der Fälle mit chemisch-toxikologischer Untersuchung fanden sich weder ein Alkoholeinfluss noch sonstige toxikologisch relevante nachweisbare Einflüsse. In 8 weiteren Fällen wurden entweder Medikamente ohne relevanten Einfluss auf das Reaktionsvermögen oder Medikamente, welche im Rahmen der notfallmedizinischen Versorgung verabreicht worden waren, nachgewiesen, sodass in 73,3 % der ergänzend chemisch-toxikologisch untersuchten Fälle keine nachweisliche Beeinträchtigung des Reaktionsvermögens zum Unfallzeitpunkt vorlag. Auch in den übrigen 16 Fällen mit auffälligen Ergebnissen, lagen nicht in allen Fällen eindeutig verkehrsmedizinisch relevante Ergebnisse vor.

In 3 von 6 Fällen mit Ethanolnachweis lag die Konzentration so hoch, dass von einer Beeinträchtigung des Reaktionsvermögens auszugehen war. In den anderen 3 Fällen handelte es sich jeweils um eine mögliche, eine unwahrscheinliche und keine anzunehmende Beeinflussung des Reaktionsvermögens.

In zwei Fällen standen die tödlich verunglückten Radfahrer zum Unfallzeitpunkt unter Einfluss illegaler Substanzen (Ecstasy, THC).

In 6 Fällen wurden Medikamente nachgewiesen, welche das Reaktionsvermögen beeinflusst haben könnten. In zwei dieser Fälle war jedoch eine Beeinflussung unwahrscheinlich, da die Konzentrationen der Wirkstoffe zum Unfallzeitpunkt im subtherapeutischen Bereich lagen. In den anderen 4 Fällen ließ sich nur von einer möglichen Beeinflussung ausgehen, da der Einfluss auf das Reaktionsvermögen davon abhängig war, wie lange das Medikament bereits eingenommen wurde und ggf.

bereits eine Gewöhnung an den Wirkstoff vorlag.

In einem Fall war eine erhöhte Methanolkonzentration als Indiz auf einen möglichen Alkoholmissbrauch nachweisbar, sodass das Reaktionsvermögen durch eine Entzugssymptomatik bei gleichzeitig nicht nachgewiesenem Ethanol im Blut möglicherweise beeinträchtigt war.

Erhöhtes Aceton in einem anderen Fall wies auf eine bestehende Nahrungskarenz hin, welche ebenfalls das Reaktionsvermögen beeinflusst haben könnte.

Bei einem tödlich verunglückten Radfahrer wurde Phenprocoumon nachgewiesen, welches den traumatisch bedingten Blutverlust forciert haben könnte.

Die oben angeführten Fälle zeigen, dass es vielfältige Ursachen für mögliche Beeinflussungen des Reaktions- und Handlungsvermögens gab, welche Einfluss auf den Ablauf der Unfälle gehabt haben könnten.

Um in Zukunft in allen Fällen verkehrsmedizinisch relevante und forensisch bedeutsame chemisch-toxikologische Ergebnisse verfügbar zu machen, sollten Blutproben nach Verkehrsunfällen bereits in der Klinik entnommen werden. Häufig wird versucht, dieses Problem zumindest teilweise zu lösen, indem chemisch-toxikologische Untersuchungen von Hämatomblut vorgenommen werden. Hämatomblut spiegelt durch das Vorliegen eines eigenen Kompartimentes den Zustand des Blutes zum Zeitpunkt der Blutungsentstehung und damit näherungsweise den Unfallzeitraum wider.

Eine Auswertung chemisch-toxikologischer Untersuchungen der Unfallgegner wäre von zusätzlichem Nutzen gewesen, um ein umfangreicheres Bild der Umstände der Unfälle zu erhalten. Jedoch lagen solche Untersuchungen in dieser Arbeit i.d.R. nicht vor, da sich zumeist keine anlassbezogenen Untersuchungen ergaben.

Trotz der oben genannten Lücken ist anzumerken, dass die Vollständigkeit der chemisch-toxikologischen Untersuchungen als solche ein Herausstellungsmerkmal ist, da in anderen Bundesländern chemisch-toxikologische Untersuchungen nur auf Anfrage/Weisung der Polizei durchgeführt werden, welche oft auf diese verzichtet. In Berlin dagegen werden chemisch-toxikologische Untersuchungen bei allen tödlich verunglückten Verkehrsteilnehmern, soweit möglich, routinemäßig im Konsens mit der Staatsanwaltschaft durchgeführt. Auch die verkehrsmedizinische Relevanz von Medikamenten wird in anderen Bundesländern i.d.R. dadurch nicht erfasst, welche in dieser Arbeit zumindest für die tödlich verunglückten Radfahrer betrachtet wurde.

4.2.1.7.2.3 Histologie

In sieben Fällen erfolgten zusätzliche histopathologische Untersuchungen, um entweder unfallbedingte Todesursachen wie Fettembolien oder traumatische Hirnschäden zu eruieren oder um die Bedeutung von Vorerkrankungen im Hinblick auf eine Mitverursachung des Todes einschätzen zu können.

So zeigten die histopathologischen Untersuchungen in einem Fall, dass eine Meningitis mit beginnender Encephalitis durch Bewusstseinsbeeinträchtigung zwar zum Unfall, jedoch eine unfallbedingte Halsmarkquetschung infolge einer Densfraktur zum Tode führte.

In einem anderen Fall wurde eine Bronchopneumonie als Todesursache eruiert, welche sich allerdings infolge der Intensivpflichtigkeit nach dem Unfall entwickelt hatte und so als direkte Folge des Unfalls zu sehen war. Zusätzlich lagen in diesem Fall ebenfalls todeswürdige Blutungen und traumatische Nervenfaserverletzungen im Hirnstamm vor.

In allen sieben Fällen führten die histopathologischen und neuropathologischen Untersuchungen zu einer Bejahung der Kausalität zwischen Unfall und Tod, da in keinem Fall konkurrierende Todesursachen aufgedeckt wurden.

4.2.2 Abbiegeunfälle

In 44,7 % (n = 34) der Fälle kam es zu Abbiegeunfällen, wovon es sich in ca. 2/3 der Abbiegeunfälle um Unfälle mit Lkw-Beteiligung, in knapp 1/3 um Unfälle mit Pkw-Beteiligung und in einem Fall um einen Unfall mit Radlader-Beteiligung handelte. Bemerkenswert ist hierbei die Abbiegerichtung der Unfallbeteiligten. Bei allen Unfällen mit Lkw-Beteiligung bogen die Lkws nach rechts ab. Bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung handelte es sich immer um Linksabbiegeunfälle. In 7 Fällen war es der Pkw, der links abgebogen war, und in 3 Fällen der Radfahrer, während der Unfallgegner geradeaus fuhr.

Dass es sich bei Rechtsabbiegeunfällen um Unfälle mit Lkw-Beteiligung und bei Linksabbiegeunfällen um Unfälle mit Pkw-Beteiligung handelte, lässt sich erklären, indem man sich die Unfallsituationen solcher Unfälle genauer anschaut. Lkw-Fahrer haben zwar durch die Nutzung diverser Spiegel ein relativ großes Sichtfeld, jedoch

erscheinen die Radfahrer darin stark verkleinert und verzerrt. D.h., dass Lkw-Fahrer beim Rechtsabbiegevorgang nicht nur zum richtigen Zeitpunkt in den richtigen Spiegel schauen müssen, um Radfahrer als solche zu erkennen, sondern eine längere Blickzuwendung in den passenden Spiegel nötig ist (42). Biegen Lkws links ab, so sehen die Umstände völlig anders aus. Durch das, im Vergleich zur Straße, höher gesetzte Fahrerhaus des Lkws erlangt der Lkw-Fahrer beim Linksabbiegen eine gute Übersicht über die Kreuzung und erkennt daher Radfahrer, welche sich in diesen Fällen eben nicht in unmittelbarer Nähe des Lkws befinden, besser (43).

Der typisch tödlich verlaufende Unfall mit Lkw- und Radfahrerbeteiligung ist der Rechtsabbiegeunfall. Hierbei beruht der typische Ablauf auf einer leichten Touchierung des Radfahrers, meist im vorderen rechten Eckbereich des Fahrerhauses (44), welche den Fahrradfahrer zu Sturz bringt. Dies bemerkt der Lkw-Fahrer meist nicht, da der Erstkontakt durch den großen Masseunterschied zwischen Lkw und Radfahrer sowie durch den niedrigerenergetischen Erstkontakt einer Touchierung nicht ausreicht, um vom Lkw-Fahrer wahrgenommen zu werden (42). Erst die folgende Überrollung führt zu den tödlichen Verletzungen. So wurde in einer Studie der Unfallanalyse Berlin festgestellt, dass Überrollungen ungeschützter Verkehrsteilnehmer (in dieser Studie handelte es sich in ca. 90 % um Radfahrer) in 63 % zu tödlichen und in 37 % zu schweren Verletzungen führten, wohingegen Unfälle ohne Überrollung nur in 1 % der Fälle tödlich und in 14 % mit schweren Verletzungen endeten (45).

Bei der Analyse tödlich verunglückter Fahrradfahrer im Zeitraum von 2011-2016 fanden Überrollungen in nahezu allen (Rechts-) Abbiegeunfällen statt. In zwei Fällen kam es lediglich zu einem Anrollen.

Todesursache bei diesen (Rechts-) Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung waren in fast allen Fällen Polytraumata. Nur in einem einzigen Fall handelte es sich um ein isoliertes Schädelhirntrauma, welches aber dem besonderen Unfallablauf dieses Falles geschuldet war. Hierbei kam es zum Erstkontakt zwischen Lkw und Radfahrer, indem die Radfahrerin von der linken vorderen Ecke des Sattelaufhängers am rechten Hinterhaupt erfasst wurde. Sie kam von der Fußgängerinsel aus der Gegenrichtung und hatte vermutlich versucht, dem abbiegenden Lkw auszuweichen. Bei genauer Aufschlüsselung der Polytraumata überwogen stumpfe Rumpftaumata sowie schwerste Schädelhirntraumata bis hin zur Zermalmung des Kopfes. Dies verdeutlicht die Schwere solcher (Rechts-) Abbiegeunfälle mit Lkw-Beteiligung.

Hierbei ließ sich die Konfliktsituation, welche zum Unfall führte, in knapp $\frac{3}{4}$ der

(Rechts-) Abbiegeunfälle mit Lkw-Beteiligung dem erweiterten Unfalltyp „243-AB Rechtsabbieger und Radfahrer Radweg gleiche Richtung“ zuordnen. Würde man sich allein der Prävention dieser Situationen widmen, könnte man eine Vielzahl schwerer Fahrradunfälle verhindern.

Rechtsabbiegeunfälle mit Pkw-Beteiligung haben dagegen ein geringeres Potenzial tödlich zu verlaufen. Durch das günstigere Massenverhältnis zwischen Pkw und Fahrradfahrer wird der Erstkontakt vom Autofahrer wahrgenommen und der Bremsvorgang eingeleitet. Durch die geringere Geschwindigkeit beim Rechtsabbiegevorgang kommt der Pkw zum einen schneller zum Stehen, zum anderen ist der Anprall weniger energiereich als bei anderen Unfällen mit Pkw- und Fahrradfahrerbeteiligung.

Bei tödlich verlaufenen Linksabbiegeunfällen, wie sie in allen Fällen mit Pkw-Beteiligung in der Studie auftraten, sieht der Unfallmechanismus etwas anders aus. Biegt der Pkw-Fahrer links ab, so beschleunigt er nach Überschreitung des Kurvenscheitels i.d.R. bereits wieder, um seine Fahrt hinter der Kreuzung in angemessenem Tempo fortzusetzen. Allerdings hat er noch nicht wieder die volle Geschwindigkeit eines geradeausfahrenden Autos im Stadtverkehr aufgenommen. In allen Fällen mit diesem Unfallablauf waren isolierte Schädelhirntraumata die Todesursache.

Bei Linksabbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung, bei denen es die Radfahrer waren, welche links abgebogen sind und Pkws geradeaus fahren, führte die hohe Geschwindigkeit der Pkws in zwei von drei Fällen zu einem stumpfen Rumpfrauma und in einem Fall verstarb der Fahrradfahrer an einer Bronchopneumonie bei isoliertem Schädelhirntrauma.

War es bei Abbiegeunfällen mit Lkw-Beteiligung in allen Fällen zu Überrollungen oder Anrollungen gekommen, so fand eine Überrollung bei Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung nur in einem einzigen Fall statt. Diese Überrollung war jedoch nicht todesursächlich und konnte rechtsmedizinisch nicht zweifelsfrei nachvollzogen werden. Nur durch Zeugenberichte und Gutachten der Unfallsachverständigen konnte man eine Überrollung bestätigen.

Wohingegen Über- und Anrollungen von Lkws zu schweren tödlichen Verletzungen führen, sind es bei Pkws Anprall- und Sturzverletzungen, welche zu tödlichen Verletzungen führen.

Bei Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung ließ sich kein bestimmter erweiterter Unfalltyp

ausmachen, welcher besonders häufig bei solchen Unfällen anzufinden war. Am häufigsten handelte es sich mit 4 Fällen um den erweiterten Unfalltyp „224-AB Linksabbieger und Radfahrer vom Radweg Gegenrichtung“.

4.2.3 Verletzungsmuster

Zur Auswertung der Verletzungsmuster wurde bewusst auf bestehende Auswertungssysteme der Verletzungsschwere verzichtet. Begründungen dafür finden sich in der Diskussion der Methodik.

Als Grundlage der Auswertung der Verletzungsmuster wurde für diese Arbeit ein „Verletzungsmännchen“ mit 38 Kategorien geschaffen. Körperteile wurden hierbei nicht nur nach Körperseite eingeteilt, sondern auch, sofern möglich, in Organe, Skelettsysteme und Weichteilmantel. Kopfstrukturen wurden in Hirnschädel und Gesichtsschädel untergeteilt und die Wirbelsäule in HWS, BWS und LWS.

Hierbei wurden kleinste Abschürfungen der Haut nicht mit aufgenommen, um eine genauere Auswertung relevanter Verletzungen zu ermöglichen.

Es ist anzufügen, dass in einigen Fällen der Zeitraum zwischen Unfall und Versterben so groß war, dass einige der initialen Verletzungen nicht mehr zu erkennen waren, da sie schon verheilt oder bereits behandelt worden waren bzw. im Rahmen einer Trepanation Schädelanteile entnommen wurden, deren eventuelle Verletzungen nicht mehr eruiert werden konnten.

4.2.3.1 Verletzungsmuster nach Unfallgegnern

Bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung war bei den tödlich verunglückten Fahrradfahrern v.a. der Kopf betroffen. In fast allen Fällen kam es zu Verletzungen des Gehirns (96,4 %), wobei das Gehirn in diesen Fällen stets beidseitig verletzt war. Dies lässt sich entweder durch Verletzungen durch Anprall der einen und Sturzverletzungen der anderen Seite oder aber durch den Coup-contre-coup-Mechanismus erklären. Hierbei kommt es infolge der Masseträgheit des Hirngewebes zur einer Verdichtung desselben am Ort der Gewalteinwirkung (Coup), während das Hirngewebe an der entgegengesetzten

Seite einem entgegengesetzten Druckgradienten ausgesetzt ist und so ebenfalls verletzt wird (46).

Auch Schädel und Weichteilmantel des Kopfes waren häufig betroffen. Der linksseitige Hirnschädel wies in 75 % und der rechtsseitige in 42,9 % Verletzungen auf. Der Weichteilmantel des Kopfes war links in 57,1 % und rechts in 50 % betroffen.

Die Dominanz der Kopfverletzungen bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung decken sich damit, dass die Todesursache in solchen Fällen in 63 % ein isoliertes Schädelhirntrauma war.

Ansonsten überwogen Verletzungen der linken Körperhälfte, was darauf zurückzuführen ist, dass es sich in der Mehrheit um einen Anprall von links handelte.

Bei Unfällen mit schweren Kfzs wie Lkws oder Bussen waren Verletzungen des Thorax vorwiegend, wobei die linke Seite häufiger verletzt wurde als die rechte. Das Gehirn war bei diesen Unfällen nur in etwa 50 % der Fälle betroffen. Entsprechend dem Verletzungsmuster waren bei Unfällen mit schweren Kfzs bei Lkws in 90 % Polytraumata als Todesursache festgestellt worden, wovon es sich in der Mehrzahl (etwas 60 % der Polytraumata) um stumpfe Rumpfraumata gefolgt von schwersten Schädelhirntraumata bis hin zu Zermalmungen des Kopfes (etwa 30 % der Polytraumata) handelte.

Bei Bus-Beteiligung war in einem Fall ein isoliertes Schädelhirntrauma und in einem weiteren Fall ein Polytrauma mit Zermalmung des Kopfes festgestellt worden. Bei einem Unfall mit Radlader-Beteiligung war ein Polytrauma mit dem führenden Verletzungskomplex eines stumpfen Rumpfraumas die Todesursache.

Eine gesonderte Analyse der Verletzungsmuster bei Überrollungen und Abbiegeunfällen zeigt relativ seitengleiche Verletzungen des Thorax. Diese erklären daher nicht, dass bei Unfällen mit schweren Kfzs die linke Thoraxseite häufiger verletzt war als die rechte. Eine Begründung ist daher bei Fällen zu suchen, welche nicht auf einem Abbiegeunfall beruhen und bei denen es zu keiner Überrollung gekommen war. In fast allen Fällen, die diesen Kriterien entsprechen (5 von 6), beruhte der Unfall auf einer Konfliktsituation des Typs „Einbiegen-Kreuzen“, bei denen der Lkw oder Bus in allen Fällen von links kam und so zu Anprallverletzungen auf der linken Seite des Radfahrers führte. Bei einem Fall stürzte der Fahrradfahrer beim Überholen eines ordnungsgemäß geparkten Sattelzugs, nachdem er mit einem am Lenker befindlichen Einkaufskorb gegen dessen hinteres linkes Fahrzeugeck gestoßen war. Diese Fälle erklären, warum bei der Auswertung von Unfällen mit schweren Kfzs die linke Seite

etwas häufiger verletzt wurde.

Auffällig sind im Vergleich zu Verletzungen bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung hier die relativ häufige Verletzung des Weichteilmantels, welche sich durch den hohen Anteil an Überrollverletzungen (Décollement) in dieser Gruppe erklärt.

Bei den 5 Unfällen mit Straßenbahnbeteiligung dominierten Verletzungen des Kopfes und der linken Körperseite. Hirnschädel und Gehirn waren beidseits in 4 von 5 Fällen von Verletzungen betroffen. Der linke Kopfweichteilmantel wies in allen Fällen Verletzungen auf. Linksseitige Verletzungen überwogen, da es sich in 4 von 5 Fällen um einen hochenergetischen Anprall von links handelte.

Auch wenn Unfälle mit Straßenbahnbeteiligung eine zahlenmäßig kleinere Gruppe der Gesamtunfälle darstellen, zeichnen sich diese doch durch ihre Schwere aus (19).

Bei den 4 Unfällen mit anderen Fahrradfahrern als Unfallgegner kam es in allen Fällen beidseitig zu Verletzungen des Gehirns, welche in allen Fällen todesursächlich waren.

4.2.3.2 Verletzungsmuster nach Unfallphasen

Bei der Analyse der Verletzungsmuster der unterschiedlichen Unfallphasen wurde in drei Szenarien unterschieden: reine Stürze, Unfälle mit Anprall und Sturz, sowie Unfälle mit Überrollungen.

Bei reinen Stürzen ohne vorherigen Anprall oder nachfolgende Überrollung waren v.a. Gehirn und Hirnschädel betroffen.

Bei Unfällen mit Anprall und Sturz überwogen bei Verletzungen der Anprallphase Gehirn- und Hirnschädelverletzungen sowie Verletzungen des Thorax. Generell handelte es sich vor allem um linksseitige Verletzungen, da die meisten Kontakte zwischen Unfallgegner und Radfahrer den Radfahrer linksseitig trafen. Die Anprallverletzungen waren hierbei deutlich stärker ausgeprägt als die folgenden Sturzverletzungen. Jedoch kam es auch beim Sturz v.a. zu Verletzungen des Kopfes, vornehmlich des Gehirnes, wenn gleich deutlich seltener als in der Anprallphase.

Bei Unfällen mit Überrollung sind die Phasen des Anpralls, bzw. des Erstkontaktes in Form einer Touchierung, welche den Radfahrer zu Sturz bringt, sowie des Sturzes aufgrund des dynamischen Geschehens des Überrollvorgangs, schlecht rekonstruierbar. Es ist anhand der Fallanalysen aber davon auszugehen, dass die

Phasen des Erstkontaktes und des Sturzes in der großen Mehrheit der Fälle nicht tödlich sind. In Fällen der Überrollung des Rumpfes konnten in einigen Fällen (<10 %) Gehirnverletzungen als Folge des Sturzes beobachtet werden.

In einigen Fällen (n = 5) spricht der Unfallmechanismus für einen energiereichen Anprall vor dem Überrollgeschehen, jedoch waren in diesen Fällen die Überrollverletzungen so stark ausgeprägt, dass Anprallverletzungen nicht klar abgegrenzt werden konnten.

Überrollverletzungen betrafen v.a. den Torso und den Weichteilmantel in Form von Décollements (47).

4.2.3.3 Verletzungsmuster bei Abbiegeunfällen

Bei den 10 Abbiegeunfällen mit Pkw-Beteiligung bogen die Pkws in 7 Fällen links ab und in 3 Fällen war es der Fahrradfahrer, welcher links abbog. In allen Fällen wurde das Gehirn verletzt. Bog der Pkw links ab, so kam es häufiger zu Verletzungen des Hirnschädels als bei den nach links abbiegenden Fahrradfahrern. Bog der Fahrradfahrer links ab, kam es dagegen häufiger zu Verletzungen der Wirbelsäule. Alle Lkw-Abbiegeunfälle waren Rechtsabbiegeunfälle. Hierbei dominierten v.a. Verletzungen des Torsos mit Schwerpunkt des Thorax.

4.2.3.4 Verletzungsmuster in Abhängigkeit vom Helmtrageverhalten

Wurde ein Helm getragen so kam es vor allem zu Verletzungen des Thorax der Brustwirbelsäule, des Gehirns und des Weichteilmantels.

Die Verletzungen des Thorax und der Brustwirbelsäule sprechen für eine gewisse Schwere der Unfälle, weswegen es wahrscheinlich trotz Tragen eines Helmes zu Verletzungen des Gehirns gekommen ist. Jedoch nur in einem von den 9 Fällen, in denen ein Helm getragen wurde, verstarb der Fahrradfahrer an einem isolierten Schädelhirntrauma, wohingegen in 7 der 9 Fälle ein Polytrauma todesursächlich war. Bei den Polytraumata dominierten Verletzungen mit schwersten Schädelhirntraumata bis hin zur Zermalmung des Kopfes oder stumpfem Rumpft trauma. Bei solchen Fällen ergab sich durch das Tragen eines Helmes kein erkennbarer Nutzen.

Wurde kein Helm getragen, dominierten Verletzungen des Kopfes, v.a. Gehirn und Hirnschädel betreffend, und des Weichteilmantels. Dies bestätigt sich in den Todesursachen: In 16 der 23 Fälle, in denen kein Helm getragen wurde, war ein isoliertes Schädelhirntrauma todesursächlich. Dagegen war hierbei in nur 6 Fällen ein Polytrauma als Todesursache festgestellt worden.

Einschränkend muss gesagt werden, dass die Zahl von 32 Fällen, in denen eine Angabe zum Helmtrageverhalten vorhanden war, sehr niedrig ist, um sie statistisch relevant auszuwerten. Dennoch lässt sich eine Tendenz erkennen. Während bei Radfahrern mit Helm 7 von 9 Radfahrern an einem Polytrauma ohne schweres Schädelhirntrauma starben, war bei Radfahrern ohne Helm in 16 von 23 Fällen ein isoliertes Schädelhirntrauma todesursächlich. Anhand der hier gewonnenen Daten kann daher der Schutzeffekt durch das Tragen eines Helmes grundsätzlich bejaht werden.

4.3 Möglichkeiten der Verbesserung der Verkehrssicherheit

Zwar bilden in Berlin Fahrradfahrer nur einen kleinen Anteil der Verkehrsunfallbeteiligten (3,8 %), jedoch weisen diese Unfälle einen höheren Anteil an schweren Personenschäden auf (1). So war 2016 fast jeder dritte Verkehrstote in Berlin ein Fahrradfahrer (19). Sogar beinahe jeder dritte Deutsche wurde schon einmal bei einem Fahrradunfall verletzt (31).

Die Radfahrer, als ungeschützte Verkehrsteilnehmer, bedürfen daher schützender Maßnahmen.

4.3.1 Eigenschutzmaßnahmen seitens der Radfahrer

Eine Möglichkeit der Eigensicherung wäre das Tragen eines Helmes. In Deutschland ist die Datenlage zum Helmtrageverhalten und Verletzungen leider nur unzureichend, da die Helmtragequote hierzulande nicht sehr hoch ist (31, 38, 48, 49) und zudem sehr schwankende Zahlen in Studien zur Helmtragequote bestehen. So trugen 2005 von über 13.000 Radfahrenden laut einer Studie nur 6 % einen Helm (38), 2015 wurde in einer, im Auftrag der Versicherung Cosmosdirekt durchgeführten Forsa-

Umfrage (37) festgestellt, dass etwa ein Drittel der Radfahrer meistens einen Helm tragen, wohingegen eine BAST-Studie (48) desselben Jahres von 17 % Helmtragequote ausgeht. Eine andere Studie im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg und des Thüringer Ministeriums für Bau, Landesentwicklung und Verkehr von 2017 spricht davon, dass 30 % „so gut wie immer“ einen Helm tragen (49), ähnlich den Ergebnissen der Forsa-Umfrage von 2015.

Bei Studien zum Nutzen des Helmes ist zu beachten, dass die Schutzeffekte des Helmes unterschätzt werden können. Radfahrer, welche aufgrund des Tragens eines Helmes keine nennenswerten Verletzungen vorweisen, werden den Unfall selten melden und werden daher schwerer in einer Studie erfasst werden können (19, 49, 50).

So wäre zur Verbesserung der Datenlage zum Schutzpotenzial eines Helmes eine Studie nötig, welche alle Unfälle mit Fahrradfahrbeteiligung erfasst, möglichst auch jene, welche in keinen oder leichten Verletzungen resultierten.

In der vorliegenden Studie werden jedoch nur Unfälle mit tödlichem Ausgang betrachtet.

Allerdings können auch aus diesen Daten wichtige Informationen zur Wichtigkeit des Schutzes des Kopfes der Fahrradfahrer gewonnen werden.

Betrachtet man in dieser Arbeit alle Unfälle mit Ausnahme der beteiligten schweren Kfzs (Lkw, Bus, Straßenbahn, Radlader), war bei tödlichen Fahrradunfällen am häufigsten das Schädelhirntrauma todesursächlich. Bei schwer verletzten Fahrradfahrern gilt das Schädelhirntrauma sogar generell als Hauptverletzung (51). Bei tödlichen Fahrradunfällen mit schweren Kfzs dominierten jedoch Polytraumata – gerade mit Hinblick auf das häufige Überrollen. In solchen Fällen konnte ein Helm keinen nachweisbaren Nutzen bringen, da es sich vornehmlich um stumpfe Rumpftaumata oder schwerste Traumata des Kopfes als Todesursache handelte. Dennoch geht man bei zunehmender Verletzungsschwere auch von einer zunehmenden Wirksamkeit des Helmes bei Kopfverletzungen aus (52-54). So sollen etwa 20 % der Kopfverletzungen bei leichtverletzten Radfahrern und etwa 80 % der Kopfverletzungen bei schwer verletzten Radfahrern durch das Tragen von Fahrradhelmen vermieden werden können (49).

Trotz alledem gibt es auch Studien, die sich gegen das Tragen eines Helmes aussprechen. So kommt eine Studie mittels Computersimulationen und abgeleiteten EEGs zu dem Ergebnis, dass mit Helm eine höhere Risikobereitschaft bestünde (55).

Jedoch kann hierbei in Frage gestellt werden, ob sich Personen in einem realen Umfeld ähnlich wie in einer Computersimulation verhalten würden.

Das Tragen eines Helmes begünstigt zudem das Auftreten von Halswirbelsäulenverletzungen bei Unfällen. Allerdings kommt es wesentlich seltener zu Halswirbelsäulenverletzungen als zu Kopfverletzungen, sodass der Nutzen des Helmes hier überwiegt (49).

Wie bereits erwähnt, sind Studien zum Nutzen des Helmtrageverhaltens hierzulande aufgrund der geringen Helmtragequote schwierig. Aus Ländern, in denen die Helmpflicht eingeführt wurde, existieren dagegen Studien mit hoher Helmtragequote und man kann auf Daten vor und nach Einführung der Helmpflicht zurückgreifen. In Neuseeland und Kanada führten bereits vor Einführung der gesetzlichen Helmpflicht große Helmkampagnen zu höheren Helmtragequoten in der Bevölkerung. Nach Einführung der gesetzlichen Helmpflicht kam es in Neuseeland zu 19 % weniger Kopfverletzungen bei Fahrradunfällen. In Kanada wurde die gesetzliche Helmpflicht erst nur in einigen Provinzen eingeführt, sodass man den Nutzen des Helmtragens in Provinzen mit gesetzlicher Helmpflicht zu Provinzen ohne Helmpflicht vergleichen konnte. Hierbei zeigte sich, dass bei erwachsenen Fahrradfahrern in Provinzen mit Helmpflicht Kopfverletzungen um 26 % zurückgingen, während sie in Provinzen ohne Helmpflicht konstant blieben (56, 57).

Nach Berechnungen ließen sich in Deutschland mit Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht die Zahl der leichtverletzten Radfahrer um ca. 2 %, die der Schwerverletzten um ca. 7 %, die der Schwerstverletzten um ca. 15 % und die der tödlich verletzten Fahrradfahrer um ca. 30 % reduzieren (49).

4.3.2 Maßnahmen seitens der Unfallgegner

Ähnlich verhält es sich bei Unfällen mit Lkw-Beteiligung. Nach einer Analyse der „Zeitschrift für Verkehrssicherheit“ von Radunfällen mit Personenschäden und genau zwei Unfallbeteiligten, sind an nur etwa 8 % dieser Unfälle Lkws beteiligt (19). Allerdings waren im Zeitraum zwischen 2011-2016 40,8 % der tödlich verunglückten Radfahrer in Berlin nach einem Unfall mit Lkw-Beteiligung gestorben. Dies ist der Schwere solcher Unfälle geschuldet.

Als Todesursache wurde bei Fahrradunfällen mit Lkw-Beteiligung vornehmlich ein

Polytrauma festgestellt. In den meisten Fällen dominierten hierbei schwerste Traumata des Kopfes und stumpfe Rumpftaumata. Ein Helm weist bei solchen Verletzungen allerdings keine ausreichende Schutzwirkung auf, weswegen andere Möglichkeiten der Vermeidung von Unfällen zwischen Radfahrern und Lkws mit schweren Personenschäden bzw. tödlichen Ausgang ergriffen werden müssen.

Der naheliegendste Gedanke ist, sich der Prävention solcher Unfälle seitens des Unfallgegners zuzuwenden. So ist die direkte Sicht durch Front- und Seitenscheiben des Fahrerhauses von großer Wichtigkeit, um Unfälle zu vermeiden bzw. zu unterbrechen. Daher bieten sich vergrößerte Windschutzscheiben und Seitenfenster an, wie auch bei der kommunalen Müllabfuhr eingesetzt, um die direkte Sicht zu vergrößern (Abb. 51) (42, 58).



Abbildung 51: Müllabfuhrfahrzeug mit vergrößertem Sichtfeld (59)

Eine bauliche Vergrößerung reicht jedoch allein nicht aus, da es in 48 % der Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Güterfahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern zu einer Sichteinschränkung aufgrund von Wimpeln oder auf dem Armaturenbrett abgestellter Gegenstände kommt (42). Solche Sichteinschränkungen sollten mit polizeilichen Kontrollen und Ahndung von Verstößen verhindert werden (42).

Aufgrund zahlreicher Spiegel zur Verbesserung der indirekten Sicht, gibt es den im Volksmund vielgenannten „toten Winkel“ bei nach EU-Norm ausgestatteten Lkws rein theoretisch nicht mehr (60). Jedoch müsste eine ausreichend lange Blickzuwendung des Fahrers zum richtigen Zeitpunkt in die jeweiligen Spiegel bestehen, um alle Geschehnisse neben dem Lkw wahrzunehmen. Ein Kamerasystem, welches diesen Bereich als Ganzes abbildet, könnte dem Abhilfe verschaffen. Eine Umfrage mit Lkw-Fahrern, welche bereits ein Kamerasystem nutzen, hat allerdings gezeigt, dass

Kamerasysteme Spiegel nicht ersetzen, sondern nur als zusätzliche Informationsquelle genutzt werden. Dennoch haben sich diese stressfreier beim Abbiegen gefühlt (61).

Eine weitere und vieldiskutierte Möglichkeit zur Vermeidung von Unfällen zwischen Lkws und Radfahrern ist der Einsatz von Fahrassistenzsystemen. Dies sind automatisierte Warnsysteme, welche den Fahrer durch niedrig- oder hochschwellige Warnhinweise, visueller, taktile oder akustischer Natur, auf Gefahrensituationen hinweisen sollen (42, 62). Theoretisch bieten diese Einrichtungen das Potenzial 42,8 % der Unfälle zwischen Güterkraftfahrzeugen und Radfahrern bzw. Fußgängern zu vermeiden. Dies betrifft 42,1 % der Unfälle mit leichtverletzten, 43,5 % der Unfälle mit schwerverletzten und 31,4 % der Unfälle mit getöteten ungeschützten Verkehrsteilnehmern (63). Für Lkws und Busse sind Fahrassistenzsysteme EU-weit ab 2022 für alle neuen Fahrzeugtypen und ab 2024 in allen Neufahrzeugen Pflicht (64). Hierzulande wurde die Kampagne „Ich fahr mit Assi“ von Bundesminister Scheuer gestartet, mit der schon vor EU-Einführung nationale Möglichkeiten ausgeschöpft werden sollen, um möglichst viele Lkws und Busse mit lebensrettenden Fahrassistenzsystemen auszurüsten. So werden zunehmend Fahrzeuge des Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur und nachgeordneter Behörden sowie Fahrzeuge verschiedener Supermarktketten und Logistikunternehmen mit Fahrassistenzsystemen ausgestattet (65).

Ein weiterer Punkt ist, dass der Abstand der Fahrbahnoberfläche zur Unterkante der seitlichen Schutzvorrichtung, welche einen Überrollschutz bieten soll, mit 55 cm zu groß gefasst ist und verringert werden sollte, da eine nach Sturz am Boden liegende Person dennoch leicht unter diesen gerät und so überrollt werden kann. Bei Sattelzugmaschinen ist dieser Schutz nicht einmal vorgeschrieben. Für diese Fahrzeuge sollten deshalb nur eingeschränkte Genehmigungen für Stadtfahrten vergeben werden (42, 58).

4.3.3 Infrastrukturelle Maßnahmen

Obwohl Unfälle mit Straßenbahn-Beteiligung nur 0,17 % am Gesamtverkehrsunfallgeschehen in Berlin ausmachen (1), sind Verletzungen bei einem solchen Unfall häufig von ausgeprägter Natur. So sind im Zeitraum von 2011-2016 6,6 % der tödlich verunglückten Radfahrer nach einem Unfall mit Straßenbahn-Beteiligung gestorben. Daher wäre eine weitere Möglichkeit Fahrradfahrer zu schützen, die Verbesserung der Sicherung und Signalisierung von Straßen- und Stadtbahnübergängen, wie von Schreck (19) empfohlen.

Weitere Möglichkeiten der Verbesserung der Verkehrssicherheit für Radfahrer bieten infrastrukturelle Maßnahmen, welche die Radwegeführung betreffen.

Viele bestehende Radwege verlaufen auf dem Gehweg und sind häufig zusätzlich noch durch parkende Autos von der Straße getrennt. Erst kurz vor einer Kreuzung werden sie an die Straße herangeführt, sodass der Radfahrer für das abbiegende Fahrzeug wie aus dem „Nichts“ kommt. Durch ein frühzeitiges Heranführen von Radwegen an die Fahrbahn bzw. eine generelle Nähe von Radwegen und Straße, wäre ein besseres Erkennen von Radfahrern gegeben.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, Kreuzungen dementsprechend umzugestalten, dass sich der Radweg des geradeausfahrenden Radfahrers bereits vor der Kreuzung mit den Rechtsabbiegern kreuzt, sodass sich der Radweg im Bereich der Kreuzung links der Rechtsabbiegerspur befindet. Auf diese Weise kann der Lkw-Fahrer im Moment des Kreuzens seine volle Aufmerksamkeit dem Erkennen von Radfahrern widmen und ist nicht noch zusätzlich mit dem komplexen Abbiegevorgang beschäftigt (Abb. 52) (42).



Abbildung 52: Radfahrerfurt links der Rechtsabbiegerspur (66)

Eine bereits etablierte Möglichkeit einer Prävention der Abbiegeunfälle zwischen rechtsabbiegenden Lkws und Fahrradfahrern ist die Vorverlagerung der Haltelinie für Fahrradfahrer (Abb. 53) um deren Sichtbarkeit während des Wartens an einer Ampel zu verbessern (67). Auch hat sich die Benutzung von zusätzlichen Fahrradampeln, welche mehrere Sekunden früher als die Ampel für den Kfz-Verkehr grünschaltet, bewährt (67).



Abbildung 53: Vorverlagerte Haltelinie für Radfahrer an einer Berliner Kreuzung (68)

4.3.4 Politische Maßnahmen

Auch die Berliner Politik beschäftigt sich in den letzten Jahren zunehmend mit der Verbesserung der Radverkehrsbedingungen, um Radfahren attraktiver zu machen und somit etwas für Umwelt und Gesundheit zu tun sowie den innerstädtischen Verkehr zu entlasten.

Im Rahmen dessen wurden mehrere Initiativen gestartet, wie die

„Radverkehrsstrategie für Berlin“ (69), die Bildung des „FahrRats“, welcher aus Vertretern der Politik, Wissenschaft, Polizei, Umwelt- und Verkehrsverbänden u.a. besteht (69, 70), die Verabschiedung des „Berliner Mobilitätsgesetzes“, demzufolge Fahrräder sowie öffentliche Verkehrsmittel bei der Verkehrsplanung gegenüber dem Autoverkehr zu bevorzugen sind (71, 72), sowie des Verkehrssicherheitsprogrammes „Berlin Sicher Mobil“ 2020 (73). Ziel ist nicht nur die Steigerung des Radverkehrs, sondern auch die Senkung der Unfallzahlen („Vision Zero“) (73), indem beispielsweise gefährliche Knotenpunkte umgestaltet werden. So werden Radschnellverbindungen ausgebaut und bspw. zunehmend Radwege grün bemalt, welche dann im Kreuzungsbereich mit roter Farbe (Abb. 54) auf ein erhöhtes Gefahrenpotential aufmerksam machen (69, 71, 73-75).



Abbildung 54: Grüner Fahrradweg in Berlin, der im Kreuzungsbereich rot wird, um auf ein erhöhtes Gefahrenpotenzial hinzuweisen (76)

4.3.5 StVO – Novelle 2020 (77)

Am 28. April 2020 trat eine Novelle der Straßenverkehrsordnung (StVO) in Kraft, welche auch wesentliche Neuerungen zum Schutz der Radfahrer umsetzte. Im Folgenden soll eine Auswahl der für das Thema dieser Arbeit relevanten Neuerungen beschrieben werden.

Es erfolgte eine gesetzliche Regelung einer innerorts maximalen Abbiegegeschwindigkeit für Lkws in Schrittgeschwindigkeit. Diese könnte zur Verringerung von Abbiegeunfällen führen, da dadurch mehr Zeit für eine ausreichende Blickzuwendung in die vorhandenen Spiegel zur Verfügung stehen würde. Da durch die verringerte Geschwindigkeit auch der Bremsweg verringert wird, könnte bei Erkennen eines Konfliktes eine Überrollung durch eine eingeleitete Bremsung verhindert werden (42).

Des Weiteren müssen Kfz-Fahrer nun innerorts 1,5 m und außerorts 2 m Mindestabstand beim Überholen von Radfahrern halten.

Der Bußgeldkatalog wurde dahingehend überarbeitet. Nun drohen empfindlichere Strafen für das Parken auf Geh- und Radwegen, sowie für die Gefährdung von Radfahrern beim Abbiegevorgang des Kfzs oder durch plötzliches Aufreißen von Autotüren (sog. Dooring).

Darüber hinaus wurde ein neues Verkehrszeichen „Überholverbot für einspurige oder mehrspurige Fahrzeuge“ (Abb. 55) eingeführt, welche mehrspurigen Kfzs u.a. das Überholen von Radfahren in diesem Bereich verbietet.



Abbildung 55: Verkehrszeichen „Überholverbot für einspurige oder mehrspurige Fahrzeuge“ (77)

4.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

In dieser Arbeit wurden tödlich verlaufene Fahrradunfälle im Berliner Stadtgebiet im Erhebungszeitraum von 2011 - 2016 hinsichtlich rechtsmedizinischer, technischer und unfallgutachterlicher Gesichtspunkte analysiert. Hierbei konnten resümierend folgende Punkte geschlussfolgert werden:

1. Männer verunglückten etwa doppelt so häufig tödlich mit dem Fahrrad wie Frauen.
2. Fast die Hälfte der verunglückten Fahrradfahrer waren dabei zum Unfallzeitpunkt über 60 Jahre alt.
3. Etwa die Hälfte der verunglückten Fahrradfahrer verstarb innerhalb der ersten Stunde und noch am Unfallort.
4. Die große Mehrheit der Unfälle fand bei Tageslicht und trockenem Bodenzustand statt.
5. Aus zur Obduktion ergänzenden pmMSCTs konnten in etwa einem Drittel der Fälle zusätzliche Informationen gewonnen werden. Dies zeigt den Nutzen dieser zusätzlichen Untersuchung und sollte daher als positives Ergebnis der Neuausrichtung der Verkehrsunfallaufnahme bei schweren Personenschäden gesehen werden.
6. In mehr als der Hälfte der Fälle verstarben die tödlich verunglückten Radfahrer an einem Polytrauma. Nächsthäufige Todesursache war ein isoliertes Schädelhirntrauma.
7. Bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung war das isolierte Schädelhirntrauma führende Todesursache, wohingegen bei Unfällen mit Lkw-Beteiligung v.a. das Polytrauma todesursächlich war. Dieser auffällige Unterschied der Todesursachen zwischen Unfällen mit Pkw- oder Lkw-Beteiligung verdeutlicht, dass die gleichen Präventionsmaßnahmen nicht für diese beiden Arten von tödlichen Unfällen greifen können. Für die Prävention isolierter Schädelhirntraumata kann das Tragen eines Helmes den tödlichen Ausgang eines Unfalles unter Umständen verhindern, wohingegen bei Polytraumata des Rumpfes oder schwersten Schädelhirntraumata bis hin zur Zermalmung des Kopfes das Tragen eines Helmes den tödlichen Verlauf nicht abwenden würde. V.a. zur Prävention von tödlich verlaufenden Unfällen mit Lkw-Beteiligung müssen daher weitere Präventionsmaßnahmen ergriffen werden, die nicht im

unmittelbaren Handeln des Fahrradfahrers liegen, wie es das Tragen eines Helmes wäre.

8. Als überragend typischer Unfall zeigte sich der Rechtsabbiegeunfall, bei dem ein rechtsabbiegender Lkw einen geradeausfahrenden Radfahrer touchiert, ihn damit zu Fall bringt und anschließend überrollt. Hierbei waren weder Touchierung noch Fall todesursächlich, sondern erst die anschließende Überrollung bzw. Anrollung. Todesursache war dann zumeist ein Polytrauma.
9. Ein weiterer typischer Unfall war der Linksabbiegeunfall mit Pkw-Beteiligung. Hierbei biegt entweder der Pkw-Fahrer links ab und übersieht den aus der Gegenrichtung kommenden Fahrradfahrer oder der Fahrradfahrer biegt links ab und wird vom entgegenkommenden Pkw erfasst. In diesen Fällen waren es Anprall- und Sturzverletzungen, welche zu tödlichen Verletzungen führten.
10. Valide Angaben zum Tragen eines Helmes zum Unfallzeitpunkt konnten in weniger als der Hälfte der Fälle gemacht werden. Von diesen Fällen trug die Mehrheit der Fahrradfahrer keinen Helm.
11. Zwar war die Zahl von 32 Fällen, in denen eine Angabe zum Helmtrageverhalten vorhanden war, sehr niedrig, um sie statistisch relevant auszuwerten, dennoch ließ sich eine Tendenz erkennen. Während Radfahrer mit Helm meist an einem Polytrauma ohne schweres Schädelhirntrauma starben, war bei Radfahrern ohne Helm meist ein isoliertes Schädelhirntrauma todesursächlich. Es konnte daher der Schutzeffekt durch das Tragen eines Helmes grundsätzlich bejaht werden.
12. Mögliche Präventionsmaßnahmen für tödliche Fahrradunfälle mit Lkw-Beteiligung liegen zum einen in Maßnahmen die direkt am Lkw ergriffen werden können, wie die Verbesserung der direkten Sicht durch Vergrößerungen der Front- und Seitenscheiben, anbringen von Kamerasystemen und Abbiegeassistenzsystemen, und zum anderen in infrastrukturellen Maßnahmen, wie der Vorverlagerung der Haltelinie für Fahrradfahrer, Führung der Radwegefurt links der Rechtsabbiegespur und Sichtbarmachung von Gefahrenzonen.
13. Die StVO-Novelle von April 2020 führt dahingehend spezifische und vielversprechende Neuerungen ein, wie u.a. das Abbiegen von Lkws in Schrittgeschwindigkeit und der Mindestabstand beim Überholen von

Radfahrern. Der Erfolg dieser Maßnahmen, v.a. hinsichtlich ihrer Durchsetzung, wird in künftigen Studien kritisch geprüft werden müssen.

5 Literaturverzeichnis

1. Polizeipräsident-Berlin. Verkehrssicherheitslage 2016 Berlin: Der Polizeipräsident in Berlin; 2017 [Zugriff am 10.10.2019]. URL: <https://www.berlin.de/polizei/assets/aufgaben/anlagen-verkehrssicherheit/verkehrssicherheitslage2016.pdf>.
2. Berlin A. Mythen und Missverständnisse 2017 [Zugriff am 26.07.2019]. URL: <http://adfc-berlin.de/radverkehr/sicherheit/information-und-analyse/121-fahrradunfaelle-in-berlin-unfallstatistik/152-mythen-und-missverstaendnisse.html>.
3. Hertel M, Bracher T. Radverkehr in Deutschland: Zahlen, Daten, Fakten: Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu); 2014:5-21.
4. Ahrens G-A, Ließke F, Wittwer R, Hubrich S, Wittig S. Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“ in Berlin: TU Dresden, Verkehrs- und Infrastrukturplanung; 2014 [Zugriff am 09.11.2017]. URL: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/SrV_2_013_Berlin_Tabellen.pdf.
5. BMVI. Nationaler Radverkehrsplan 2020 | Fahrradportal 2015 [Zugriff am 09.11.2017]. URL: <http://edoc.difu.de/edoc.php?id=SR21T6V3>.
6. Polizeipräsidium-München. Verkehrsbericht 2016 [Zugriff am 10.10.2017]. URL: <https://www.polizei.bayern.de/muenchen/verkehr/statistik/index.html/196692>.
7. Hauer M. Fahrradaufkommen gegenüber Fahrradunfällen Ein Vergleich der Städte München, Hamburg, Zürich und Amsterdam. [Zugriff am 09.06.2020]. URL: <https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:2adace79-fa73-433b-9070-2bf3ed54ab47/mb150204.pdf>.
8. Polizei-Hamburg. Verkehrsbericht Hamburg 2013. [Zugriff am 09.06.2020]. URL: <https://www.polizei.hamburg/verkehrsbericht/>.
9. BMJV. StVUnfStatG - Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle 2015 [Zugriff am 09.06.2020]. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/stvunfstatg_1990/BJNR010780990.html.
10. Hartwig S, Gille S, Weyde M. Multiprofessionelle Unfallaufnahme und –bearbeitung – Erfahrungen mit dem „Berliner Modell“. 12. Gemeinsames Symposium der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V. (DGVM) & der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e. V. (DGVP)2016; Rostock.
11. Polizeipräsident-Berlin. Geschäftsanweisung PPr St Nr. 5 /2008 zur Aufnahme und Weiterbearbeitung von Straßenverkehrsunfällen (VHa - VU 1). 2008.
12. Polizei-Berlin. [Bildquelle] Unfallaufnahme. 2017.
13. dpa/bb. Radfahrer von Lastwagen überfahren: tot: Berliner Zeitung; 2019 [Zugriff am 26.07.2019]. URL: <https://www.berliner-zeitung.de/berlin/radfahrer-von-lastwagen-ueberfahren--tot-32880364>.
14. Krause S. Radfahrer von Sattelzug erfasst: Tagesspiegel; 2019 [Zugriff am 26.07.2019]. URL: <https://www.tagesspiegel.de/berlin/polizei-justiz/abbiegeunfall-in-berlin-mitte-radfahrer-von-sattelzug-erfasst/24334418.html>.
15. Hanack J. Spandau will Radfahrer besser vor Rechtsabbiegern schützen - Spandau - Berliner Morgenpost 2019 [Zugriff am 26.07.2019]. URL: <https://www.morgenpost.de/bezirke/spandau/article226237633/Spandau-will-Radfahrer-besser-vor-Rechtsabbiegern-schuetzen.html>.
16. GIDAS. Codebook GIDAS2016. German in-depth accident study; 1999.

17. Aderjan R, Daldrup T, Käferstein H, Krause D, Mußhoff F, Paul LD, Peters F, Rochholz G, Schmitt G, Skopp G, Richtlinien zur Bestimmung der Blutalkoholkonzentration (bak) für forensische Zwecke. Blutalkohol. 2011; 48:137 - 143.
18. Weyde M. [Bildquelle] Minions. Büro für Unfallrekonstruktion Berlin
19. Schreck B. Radverkehr - Unfallgeschehen und Stand der Forschung. Zeitschrift für Verkehrssicherheit. 2016.
20. Kanduth-Grahl SF. Einflüsse auf Verletzungsmuster und Verletzungsschwere beim tödlich verlaufenen Fahrradunfall - Auswertung im Sektionsgut des Hamburger Institutes für Rechtsmedizin. <http://ediss.sub.uni-hamburg.de>: Universität Hamburg; 2004.
21. Eder L. Verletzungen und Todesursachen von tödlich verunglückten Fahrradfahrern unter Berücksichtigung der Unfallgegner
Auswertung der Obduktionsbefunde des Instituts für Rechtsmedizin München sowie der zugehörigen Unfallakten 2003-2008. Ludwig-Maximilians-Universität München; 2016.
22. Buschmann C, Tsokos M, Kleber C. Vermeidbare Todesfälle nach Trauma. Notfall & Rettungsmedizin. 2015;18.
23. Utsch A. Unfallrisiko von Fahrradfahrern in Berlin von 1993-2004 vor und nach der Novellierung der Straßenverkehrsordnung für Radfahrer [Dissertation]. FU Berlin: Charité - Universitätsmedizin Berlin; 2008.
24. Groß A. Tödliche Fahrradunfälle im Land Berlin von 2000 bis 2009 - Begleitumstände, Unfallgeschehen und Todesursachen. <http://www.diss.fu-berlin.de>: Medizinischen Fakultät Charité; 2014.
25. Schmitz HF. Analyse von 948 Radunfällen im Stadtgebiet Bochum. <http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de>: Ruhr-Universität Bochum; 2000.
26. Buschmann C, Gross A, Tsokos M, Kleber C. Tödliche Fahrradunfaelle im Land Berlin von 2000 bis 2009 - Begleitumstaende, Unfallgeschehen und Todesursachen. Zeitschrift fuer Verkehrssicherheit. 2014:19-27.
27. Association for the Advancement of Automotive Medicine. Abbreviated Injury Scale (AIS) - Association for the Advancement of Automotive Medicine 2019 [Zugriff am 26.07.2019]. URL: <https://www.aaam.org/abbreviated-injury-scale-ais/>.
28. Schick S, Humrich A, Graw M. Quality of head injury coding from autopsy reports with AIS © 2005 update 2008. Traffic Injury Prevention. 2018;19(sup1):S199-S201.
29. Dr. Hartwig S. Leichenschau. Notfall + Rettungsmedizin. 2016; 19:63–74.
30. Berlin:mobiler. Radverkehrszählstellen Jahresbericht 2018. 2019.
31. So radeln die Deutschen: eine forsa-Studie im Auftrag von CosmosDirekt [Pressemitteilung]. <https://www.general.de>: CosmosDirekt2015.
32. von Lisone J. Überblick über die Tarifentwicklung der Tarifregion VBB (nur Berlin betrachtet) ab 1997; 2015 [Zugriff am 26.11.2019]. URL: http://www.berliner-verkehrsseiten.de/Download/Tarife/Tarifwesen/Tarifwesen_VBB_1997-2019/tarifwesen_vbb_1997-2019.html.
33. Verkehrslenkung Berlin. Straßenverkehrszählung Berlin 2014. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt; 2014. Contract No.: 30.09.
34. BMJV. Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) § 30 Umweltschutz, Sonn- und Feiertagsfahrverbot: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz; 2019 [Zugriff am 30.09.2019]. URL: http://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/_30.html.

35. dpa. Fahrräder im Vergleich: Die fünf beliebtesten Fahrradtypen. [Zugriff am 09.06.2010]. URL: <https://www.berlin.de/special/fahrrad/4341171-4341012-fahrraeder-im-vergleich-die-fuenf-beliebhtml>.
36. dpa. E-Bikes: Todesrisiko dreimal höher als mit Fahrrad ohne Motor. dpa. 2019.
37. Cosmos-Lebensversicherung-Aktiengesellschaft. Unterschätzte Gefahren: Deutsche Radfahrer vernachlässigen ihre Sicherheit 2015 [Zugriff am 25.09.2019]. URL: <https://www.general.de/ueber-general/presse-medien/pressemitteilungen/unterschaetzte-gefahren--deutsche-radfahrer-vernachlaessigen-ihre-sicherheit-49636/>.
38. Otte D, Haasper C. Effectiveness of the helmet for bicyclists on injury reduction in German road accident situations – state of affairs on GIDAS. International Journal of Crashworthiness. 2010;15(2):211-21.
39. Sethi M, Heidenberg J, Wall SP, Ayoung-Chee P, Slaughter D, Levine DA, Jacko S, Wilson C, Marshall G, Pachter HL, Frangos SG. Bicycle helmets are highly protective against traumatic brain injury within a dense urban setting. Injury. 2015;46(12):2483-90.
40. Ruddy GN, Morgan B, Robinson C, Raj V, Pakkal M, Amoroso J, Visser T, Saunders S, Biggs M, Hollingbury F, McGregor A, West K, Richards C, Brown L, Harrison R, Hew R. Diagnostic accuracy of post-mortem CT with targeted coronary angiography versus autopsy for coroner-requested post-mortem investigations: a prospective, masked, comparison study. The Lancet. 2017;390(10090):145-54.
41. Fischer H, Heinemann A. Arbeitsgemeinschaft für Forensische Bildgebung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin - Grundlagen der postmortalen Computertomographie (PMCT) für forensisch-radiologische Anwendungen – Empfehlungen und Indikationskatalog. Rechtsmedizin. 2016;26(4):284-90.
42. Hayo F. Vermeidung von Unfällen zwischen rechts abbiegenden Güterkraftfahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern: Hochschule Trier; 2015.
43. Leser H. Rechtsabbiegende LKW und Radfahrer. Right turning lorries and cyclists. Experten-Workshop; 11.07.2009; Dresden.
44. Niewöhner W, Berg A. Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw
Risk to pedestrians and bicyclists at crossings due to lorries turning right. 2004. Report No.: 3-86509-217-9.
45. Unfallanalyse Rechtsabbiegende Lkw und Radfahrer 2019 [Zugriff am 30.09.2019].
URL: http://www.unfallanalyse.de/unfallforschung/rechtsabbiegender_lkw.html#top.
46. Dettmeyer R, Verhoff M. Rechtsmedizin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2011. XIV, 295
47. Grassberger MS, Harald. Todesermittlung | Springer for Research & Development. 2. ed: Name Springer, Vienna; 2019.
48. BASt. Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung - 2015. Forschung kompakt. 2016(15/2016).

49. Jürgensohn T, Schwarz J, Kretschmer F, Heß R, Platho C. Sicherheitspotentiale durch Fahrradhelme Einordnung der Bedeutung des Fahrradhelmes bei den Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und Instrumente zur Erhöhung der Helmtragequote. Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg; 2016. [Zugriff am 30.09.2019]. URL: https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/170309_Anlage_2_Studie_Sicherheitspotentiale_Fahradhelme_Langfassung.pdf2017.
50. Dambeck H. Sicherheit im Straßenverkehr: Was für und gegen Fahrradhelme spricht. SPIEGEL ONLINE. 2014. [Zugriff am 30.09.2019]. URL: <https://www.spiegel.de/gesundheit/ernaehrung/fahradhelme-beim-radfahren-mehr-sicherheit-im-strassenverkehr-a-964963.html>
51. Helfen T, Lefering R, Moritz M, Böcker W, Grote S, Traumaregister DGU. Charakterisierung des schwer verletzten Fahrradfahrers. Der Unfallchirurg. 2017;120(5):403-8.
52. Thompson DC, Rivara F, Thompson R. Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. Cochrane Database of Systematic Reviews. 1999(4).
53. Attewell RG, Glase K, McFadden M. Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. Accident Analysis & Prevention. 2001;33(3):345-52.
54. Elvik R. Corrigendum to: "Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: A re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001" [Accid. Anal. Prev. 43 (2011) 1245–1251]. Accident Analysis & Prevention. 2013;60:245-53.
55. Schmidt B, Kessler L, Holroyd CB, Miltner WHR. Wearing a bike helmet leads to less cognitive control, revealed by lower frontal midline theta power and risk indifference. Psychophysiology. 2019;56(12):e13458.
56. Dennis J, Ramsay T, Turgeon AF, Zarychanski R. Helmet legislation and admissions to hospital for cycling related head injuries in Canadian provinces and territories: interrupted time series analysis. British Medical Journal Publishing Group 2013.
57. Scuffham P, Alsop J, Cryer C, Langley JD. Head injuries to bicyclists and the New Zealand bicycle helmet law. Accid Anal Prev. 2000;32(4):565-73.
58. Müller O. Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Lkw und ungeschützten Verkehrsteilnehmern: TU Berlin. 1999.
59. Guthmann S. Müllabfuhr 2020 [Zugriff am 30.03.2020]. URL: <https://www.kolbermoor.de/service/muellabfuhr.html>.
60. ADFC Berlin. Exkurs: Der "tote Winkel" - ADFC Berlin 2019 [Zugriff am 30.03.2020]. URL: <https://adfc-berlin.de/radverkehr/sicherheit/information-und-analyse/121-fahradunfaelle-in-berlin-unfallstatistik/222-exkurs-der-tote-winkel.html>.
61. Telekommunikation BVVP-L. Kamera-Monitor-Systeme (KMS) zur Vermeidung von Abbiegeunfällen Auszug aus der Studie des IFA für die BG Verkehr 2019 [Zugriff am 09.10.2019]. URL: https://www.bg-verkehr.de/redaktion/medien-und-downloads/broschueren/branchen/gueterkraftverkehr/bgverkehr_exzerpt_kms_a4_low.pdf.
62. Wagner T. Neue Assistenzsysteme im Stadtbus: Daimler dreht auf bei der Sicherheit: Eurotransport; 2018 [Zugriff am 04.05.2019]. URL: <https://www.eurotransport.de/artikel/neue-assistenzsysteme-im-stadtbus-daimler-dreht-auf-bei-der-sicherheit-10224893.html>.

63. Hummel T. Fahrerassistenzsysteme: Ermittlung des Sicherheitspotenzials auf Basis des Schadensgeschehens der deutschen Versicherer. Berlin: GDV; 2011.
64. Abbiegeassistenten für Lkw und Busse werden ab 2022 Pflicht [Pressemitteilung]. <https://ec.europa.eu>: Europäische Kommission, VERTRETUNG IN DEUTSCHLAND 2019.
65. BMVI. Bundesminister Scheuer startet „Aktion Abbiegeassistent“ [Pressemitteilung]. <https://www.bmvi.de2018>.
66. Sprung P. [Bildquelle] Radfahrerfuhr links der Rechtsabbiegerspur. 2020.
67. ADAC. Test: Wie sicher sind Kreuzungen für Fahrradfahrer? : ADAC; 2019 [Zugriff am 25.09.2019]. URL: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/fahrrad/radfahrsicherheit-kreuzungen/>.
68. Müller L. [Bildquelle] Vorverlagerte Haltelinie für Radfahrer an einer Berliner Kreuzung 2020.
69. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Radverkehrsstrategie für Berlin - Ziele, Maßnahmen, Modellprojekte: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt; 2013 [Zugriff am 25.09.2019]. URL: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/rad/strategie/de/download.shtml.
70. Land Berlin. FahrRat: Expertengremium zur Radverkehrsentwicklung in Berlin: Land Berlin; 2018 [Zugriff am 25.09.2019]. URL: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/rad/fahr_rat/.
71. Land Berlin. Berliner Mobilitätsgesetz 2018 [Zugriff am 26.07.2019]. URL: <https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/mobilitaetsgesetz/index.shtml>.
72. Ulrich Z-G. Rot-Rot-Grün beschließt das mobile Berlin: Tagesspiegel; 2018 [Zugriff am 04.09.2019]. URL: <https://www.tagesspiegel.de/berlin/verkehr-in-der-hauptstadt-rot-rot-gruen-beschliesst-das-mobile-berlin/22747508.html>.
73. Land Berlin. Abbiegekonflikte im Fokus Online-Dialog und Leitfaden für mehr Radverkehrssicherheit 2015 [Zugriff am 11.10.2019]. URL: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/sicherheit/fahrrad_abbiegen/index.shtml.
74. Land-Berlin. Radschnellverbindungen im Berliner Stadtgebiet 2019 [Zugriff am 26.07.2019]. URL: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/rad/schnellverbindungen/.
75. Land-Berlin. Radwege werden grün [Zugriff am 11.10.2019]. URL: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/rad/infrastruktur/de/gruene-radwege/index.shtml.
76. Müller L. [Bildquelle] Grüner Fahrradweg in Berlin, der im Kreuzungsbereich rot wird, um auf ein erhöhtes Gefahrenpotenzial hinzuweisen 2020.
77. Scheuer A, Altmeier P, Schulze S. 54. Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften. Bundesanzeiger Verlag; 2020: 814-836.

6 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Livia Müller, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Tödliche Straßenverkehrsunfälle unter Beteiligung von Radfahrern in Berlin – Eine retrospektive Obduktionsstudie der Jahre 2011 bis 2016 unter besonderer Berücksichtigung der Unfalltypen und sog. Abbiegeunfälle“ (Fatal road traffic accidents involving cyclists in Berlin - A retrospective autopsy study from 2011 to 2016 with special attention to the types of accidents and so-called turning accidents) selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

[Für den Fall, dass Sie die Forschung für Ihre Promotion ganz oder teilweise in Gruppenarbeit durchgeführt haben:] Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

7 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

8 Danksagung

Mein besonderer, sehr herzlicher Dank gilt PD Dr. med. Sven Hartwig für die Bereitstellung des Themas und die persönliche Betreuung. Er stand mir immer mit Rat und Tat sowie motivierenden Worten zur Seite. Ohne seine Verbesserungsvorschläge und konstruktive Kritik hätte die Arbeit nicht die gleiche Qualität.

Vielen Dank auch an Prof. Dr. med. Michael Tsokos, denn ohne ihn hätte es diese Zusammenarbeit und somit die vorliegende Arbeit nie gegeben. Er vermittelte mich an PD Dr. med. Sven Hartwig und ermöglichte es mir, die Arbeit an seinem Institut durchzuführen.

Dr. Michael Weyde hat sich engagiert eingebracht und mich sowohl mit Materialien als auch Rat unterstützt. Auch die von ihm betreute Masterarbeit von Fabian Hayo war eine wichtige Grundlage, Inspiration und Quelle für die vorliegende Arbeit. Bei beiden möchte ich mich herzlichst bedanken.

Bei Frau Dr. med. Lena Hochstein (geb. Eckes) möchte ich mich ebenfalls bedanken, diese Arbeit ist auf Grundlage ihrer Bemühungen entstanden.

Des Weiteren danke ich Uli Uhlenhof von der Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH, welcher mir ansonsten schwer zugängliche Quellen vermittelt hat, ohne die es der Arbeit an einigen interessanten Informationen fehlen würde.

Besonderer Dank gilt auch allen anderen Mitarbeitern des rechtsmedizinischen Institutes. Sie haben mir ein flüssiges Arbeiten ermöglicht und standen mir bei allen akuten Problemen immer sofort und zuverlässig zur Seite.

Zu guter Letzt, möchte ich mich noch bei meiner großen und kleinen Familie bedanken. Sie waren eine nie enden wollende Quelle an uneingeschränkter Unterstützung und aufmunternder Worte. Außerdem übernahmen sie ohne Beschwerde das oft lästige, aber umso wichtigere Korrekturlesen meiner Arbeit.